



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## Université Amar Thelidji de Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

### MEMOIRE DE MASTER

Présenté par :

**CHATTA Omar & BENSAFFDINE Mohammed**

DOMAINE : Sciences et Technologie

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génie des Procédés d'Environnement

### Thème

**Contribution à l'analyse des risques liés au système  
turbocompresseur, cas du Champ Rhourde Nousse**

#### Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Prof. Dr. BENALIA Mokhtar	Professeur	Président
Mme GUERMIT Mounira	MAA	Examinatrice
Dr. BOUDAOU D Asma	MCA	Rapportrice
Prof. Dr. DJEDID Mebrouk	Professeur	Co-rapporteur

# *Dédicaces*

*À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père Ahmed Chatta.*

*À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur; ma mère que j'adore.*

*À mes frères et mes sœurs.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé et qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnées durant mon chemin d'études supérieures.*

*Mes aimables amis Saïid, Yazid, Soufrani Aïssa, Hami,*

*À tous les étudiants de la promotion 2020/2021.*

*À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer ...*

# *Remerciements*

*Au terme de ce travail nous tenons à remercier en premier lieu "ALLAH "*  
*qui nous a donné la force pour mener à bien ce Projet.*

*Nos remerciements à nos encadrateurs, **Dr. BOUDAOU** Asma et **Prof.***

***Dr. DJEDID Mebrouk**, de l'université de Laghouat, département de  
Génie des Procédés, pour leur motivation, leur aide et leurs conseils  
utiles et fructueux, pour la réalisation de ce travail, ce fut un grand  
plaisir de travailler avec eux.*

*Nous tenons à remercier le jury de soutenance composé du **Prof. Dr.***

***BENALIA Mokhtar** et **Dr. AD Chifaa**, d'avoir accepté de juger ce  
travail.*

*Nous tenons également à remercier nos parents et les personnes qui nous*

*ont encouragés ou participés de près ou de loin à la réalisation de ce  
travail.*

# *Sommaire*

Dédicaces  
Remerciements  
Sommaire  
Liste des abréviations  
Liste des figures  
Liste des tableaux

**Introduction générale ..... 1**

**Chapitre I: Notions sur l'analyse des risques**

I.1. Définition de l'analyse des risques ..... 2  
I.2. Approche de l'analyse des risques ..... 3  
I.3. Importance de l'analyse des risques..... 3  
I.4. Gestion des risques ..... 4  
I.5. Quelques normes sur l'analyse de risques ..... 5  
I.6. Complémentarité de l'assurance qualité et de l'analyse de risques ..... 5  
I.7. Les méthodes d'analyse des risques..... 5  
I.8. La méthode HAZOP ..... 6  
I.9. Analyse dysfonctionnelle ..... 7  
I.10. Eléments IPS et l'analyse des risques ..... 7  
I.11. Démarche de l'analyse des risques ..... 8  
I.11.1. Définition du système..... 8  
I.11.2. Définition des objectifs de l'étude ..... 8  
I.11.3. Recueil des informations ..... 8  
I.12. Application de l'analyse des risques ..... 9  
I.12.1. Identification et caractérisation des potentiels de danger..... 9  
I.12.2. Réduction des potentiels de danger ..... 10  
I.12.3. Estimation des conséquences potentielles ..... 10

**Chapitre II: Description du site d'étude**

II.1. Présentation de la région Rhourde Nousse..... **12**  
II.1.1. Historique..... 12  
II.1.2. Situation géographique..... 12  
II.1.3. Description des champs de RHOULDE-NOUSS ..... 13  
II.1.4. Organisation générale..... 14  
II.1.5. Organisation de la division HSE ..... 16  
II.1.6. Les moyens contre l'incendie.....17  
II.2. Description générale de l'usine de traitement du complexe de Rhourde-Nouss .... 18  
II.2.1. Schéma global du complexe Rhourde Nousse ..... 18  
II.2.2. La production ..... 19  
II.2.3. Réseaux collectes ..... 20  
II.2.4. Circuit de gaz.....21  
II.2.5. Circuit de condensât ..... 22  
II.2.6. Station de réinjection (Unité 60) ..... 22  
II.2.7. Unité d'air ..... 23  
II.3. Le choix de système (Turbocompresseur) ..... 23  
II.3.1. Les systèmes de contrôle de la turbine..... 23

II.3.2. Les barrières de sécurité dans le turbocompresseur .....	23
II.3.3. Les moyens de communication .....	24
II.3.4. Les moyens de sécurité mobiles .....	24

### **Chapitre III: Méthodologie d'analyse des risques par HAZOP**

III.1. Objectifs de la méthode HAZOP .....	<b>25</b>
III.2. Les avantages et les limites de la méthode .....	<b>25</b>
III.2.1. Avantages.....	<b>25</b>
III.2.2. Limites .....	<b>25</b>
III.3. Domaine d'application de la Méthode HAZOP .....	26
III.4. Feuille de travail HAZOP .....	26
III.4.1. Définition de mot guide .....	26
III.4.2. Les paramètres d'étude .....	27
III.4.3. Définition de déviation .....	27
III.5. Déroulement de la méthode .....	28
III.6. Moyen de détection.....	30
III.6.1. Détection portable (Explosimètre).....	<b>30</b>
III.6.2. Détection fixe.....	30
III.7. Application au niveau du complexe pétrolier Rhourde Nousse .....	30
III.7.1. Les sous-systèmes étudiés .....	30
III.7.2. Les composants et les paramètres de chaque sous-système .....	31

### **Chapitre IV: Evaluation des chemins critiques des risques**

IV.1. Etat du premier sous-système turbine de lancement .....	32
IV.2. Etat du deuxième sous-système compresseur axial .....	33
IV.3. Etat du troisième sous-système (chambre de combustion).....	34
IV.4. Etat du quatrième sous-système partie HP .....	35
IV.5. Etat du cinquième sous-système «turbine de puissance BP» .....	36
IV.6. Etat du sixième sous-système «compresseur centrifuge».....	37
IV.7. Etat du septième sous-système circuit d'huile .....	39
IV.8. Déduction des équations des coupes minimales .....	40
IV.8.1. Cas de l'arbre de l'événement explosion .....	41
IV.8.2. Cas de l'arbre de l'explosion .....	42
Conclusion générale.....	<b>43</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>44</b>
<b>Résumé</b>	

## Liste des abréviations

Abréviations	Signification
AdD	Arbre de défaillance
ALARP	As low as reasonably practicable
APR	Analyse préliminaire des risques
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
BP	Basse pression
CND	Contrôle non destructif
DCS	Distribution control system
EIPS	Elément Important pour la sécurité
ESD	Emergency shut down
GCV	Gas control valve
GPL	Gaz pétrolier liquéfier
HAZID	Hazard Identification
HAZOP	Hazard and Operability study
HP	Haute pression
HSE	Hygiène et sécurité, environnement
IM	Inspection major
IR	Individual risk
IR	Infra red
ISC	Information system control
ISO	International standard organization
MAN	Manuelle
Off-Spec	Off specification
On-Spec	On specification
POI	Plane d'organisation interne
PPI	Plan particulier d'intervention
PPRT	Plan de prévention de risques technologique
RAM	Reliability / Availability / Maintainability

RIA	Robinet d'incendie armé
SADT	Structured Analysis and Design Technic
SDF	Sûreté de fonctionnement
SEI	Le seuil des effets irréversibles
SEL	Le seuil des effets létaux
SGS	Système de gestion de sécurité
SRV	Stop/Speed ratio valve
TF	Taux de fréquence TF des accidents de travail
UV	Ultra violet
VCE	Vapor Cloud Explosion

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Signification</b>	<b>Page</b>
Figure I.1	Principales étapes d'une étude de SDF	2
Figure I.2	Activités de la gestion des risques	4
Figure I.3	Les différentes méthodes d'analyse des risques	6
Figure II.1	Situation géographique de la région de RHOURE-NOUSS	13
Figure II.2	Organisation générale la région de Rhourde-Nouss	15
Figure II.3	Organisation de la division HSE	16
Figure II.4	Schéma global du complexe Rhourde Nousse des deux usines de traitement de gaz	19
Figure II.5	Puits producteurs phase "a" et " b"	21
Figure II.6	Puits injecteurs	21
Figure III.1	Organigramme d'analyse d'une séquence d'examen HAZOP	29
Figure IV.1	Schéma des compartiments, cas de l'arbre de l'évènement explosion	41
Figure IV.2	Schéma des compartiments, cas de l'arbre de l'explosion	42

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Signification</b>	<b>Page</b>
Tableau I.1	Matrice de criticité	11
Tableau II.1	La production entre 1988 et 2003 de RHOURE-NOUSS	20
Tableau III.1	Exemple de feuille de travail HAZOP	26
Tableau III.2	Principal mot guide avec leur signification de conception	27
Tableau III.3	Les mots guide relatives à l'heure et à un ordre ou une séquence	27
Tableau IV.1	Etat du premier sous-système «turbine de lancement»	32
Tableau IV.2	Etat du deuxième sous-système «compresseur axial»	33
Tableau IV.3	Etat du troisième sous-système «chambre de combustion».	34
Tableau IV.4	Etat du quatrième sous-système «partie HP».	36
Tableau IV.5	Etat du cinquième sous-système «turbine de puissance BP».	37
Tableau IV.6	Etat du sixième sous-système «compresseur centrifuge».	38
Tableau IV.7	Etat du septième sous-système «circuit d'huile».	39

# *Introduction générale*

Pour l'expédition de les produits vers les clients de façon permanent pour des fin d'utilisation interne, les industries pétrochimiques et celles de gaz en particulier ont besoin des grandes machines qui produisent une énergie importante, cela pour véhiculée des grandes quantités de produits a des distances importantes en augmentant sa pression à des niveaux plus élevée. Les turbocompresseurs constituent l'équipement convenable à cette fin.

Ce système tient son importance dans le processus de production par sa fonction stratégique et sa rentabilité. En effet, il permet la production d'une importante énergie mécanique à un coût faible.

En face des avantages des turbocompresseurs cite ci-dessus, il fonctionne dans des conditions extrêmes où le risque incendie/explosion présente une probabilité sensiblement élevée. Un travail d'évaluation de la situation nous semble nécessaire pour la mesure du niveau de risque au niveau de l'installation.

L'étude de sécurité est un domaine très vaste, et parmi ces étapes on trouve l'analyse des risques de turbocompresseurs qui est le but de notre étude.

Ce modeste travail s'inscrit dans ce contexte, il s'agit de l'application de l'approche générale d'analyse des risques pour le système: Turbocompresseur dans la division de production (DP-SONATRACH).

Ce mémoire est structuré selon le plan suivant :

Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique axée, aux généralités sur l'analyse des risques.

Le deuxième chapitre, est basé sur l'identification des différentes méthodes de l'analyse des risques utilisé pour la réalisation de ce travail.

Le troisième chapitre décrit la méthode utilisé pour l'analyse des risques de turbocompresseur.

Le quatrième chapitre est concerné à la détermination des chemins critiques des risques liés à l'utilisation des turbocompresseurs dans le champ de Rhourede Nousse.

Nous clôturons ce travail par une conclusion générale qui résume les différentes étapes de l'étude réalisée.

# Chapitre I

## Notions sur l'analyse des risques

Dans ce chapitre nous commençons par un rappel sur les notions de base les plus importants qui sont utilisés dans l'analyse des risques dans le domaine industriel.

### I.1. Définition de l'analyse des risques

L'ensemble des activités ayant pour but d'identifier de façon systématique et permanente les dangers et les facteurs de risque et d'évaluer le risque en vue de fixer des mesures de prévention [1].

Dans une étude de SDF (Sûreté de fonctionnement), on distingue plusieurs étapes (Figure I.1), on peut les résumer en trois étapes principales:

- Analyse fonctionnelle
- Analyse et défaillance
- Synthèse et conclusion.

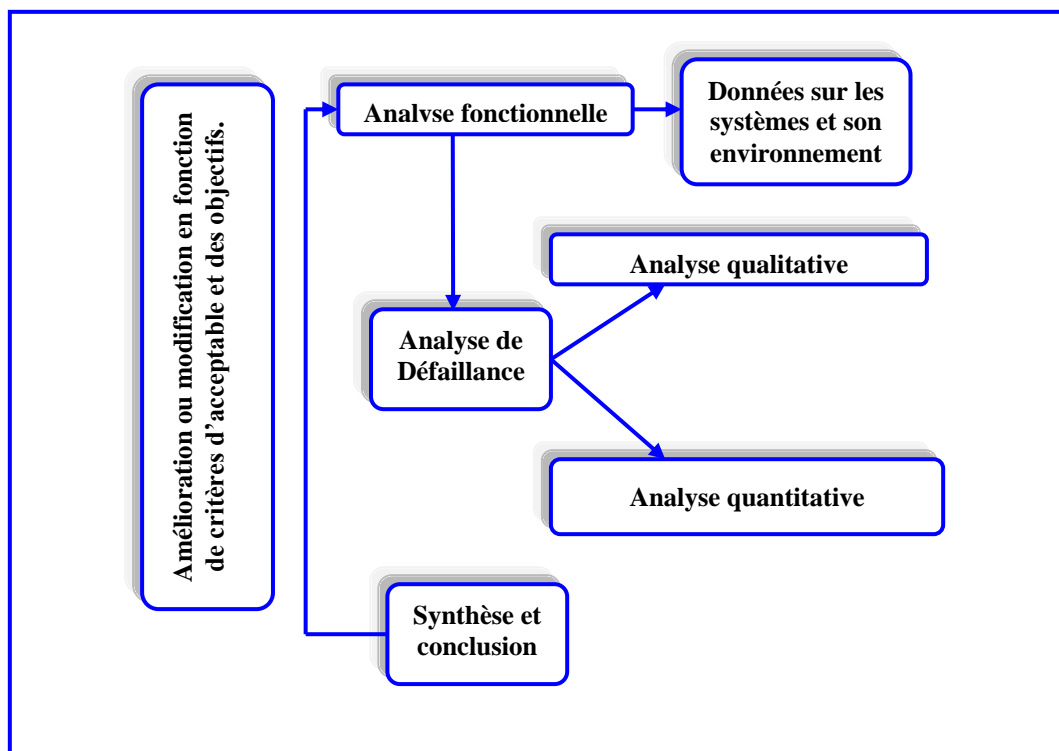


Figure I.1: Principales étapes d'une étude de SDF [2].

### I.2. Approche de l'analyse des risques

Risque d'inspection basée exige d'entreprendre une analyse de risque pour les systèmes et l'équipement d'étude. La forme de cette analyse peut changer considérablement, selon des circonstances, s'étendant des approches qualitatives descriptives aux approches quantitatives numériques. Cependant, dans toutes les approches, l'analyse de risque devrait contenir les étapes suivantes:

1. Identification des mécanismes potentiels de détérioration et modes d'échec.
2. Évaluation de la probabilité de l'échec de chaque mécanisme.
3. Identification des scénarios d'accidents comportant l'échec de l'équipement.
4. Évaluation des conséquences résultant de l'échec d'équipement.
5. Détermination des risques de l'échec d'équipement.
6. Rang et catégorisation de risque.

Nous pouvons observer trois approches pour l'analyse des risques [3]:

- Qualitative.
- Semi quantitative.
- Quantitative.

### I.3. Importance de l'analyse des risques

L'analyse des risques permet de tenir compte du contexte particulier de l'installation étudiée en considérant notamment [4]:

- Les conditions particulières d'exploitation : phase normale ou transitoire (arrêt, démarrage),
- L'environnement immédiat de l'installation considéré (possibilité de synergies d'accidents ou d'effets dominos...),
- L'environnement général du site (cibles potentielles d'un accident majeur, agressions externes...).

-

#### I.4. Gestion des risques

La Figure I.2 donne une représentation schématique des principales étapes du processus de gestion des risques. Ce processus correspond à celui présenté dans la norme ISO 14971 (2000) tiré du ISO/CEI Guide 51 (1999) [4].

Ce schéma, dédié aux dispositifs médicaux se retrouve en partie dans des normes génériques comme la IEC 60300-3-9 (1995).

Il est aujourd'hui accepté d'utiliser cette approche dans de nombreux domaines technologiques. Une étape supplémentaire est parfois présente, concernant la gestion des informations post-production (informations concernant les risques, guides d'utilisation, etc.).

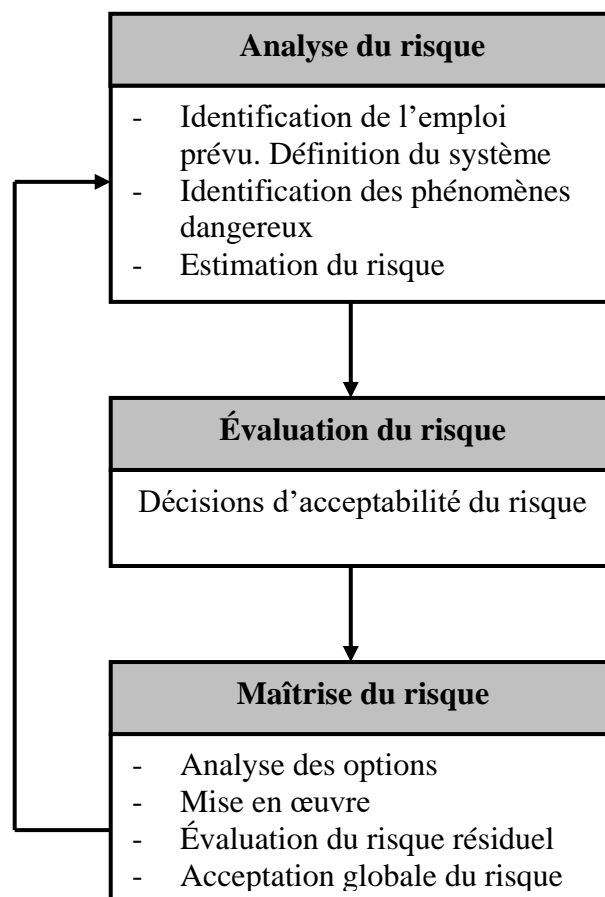


Figure I.2 : Activités de la gestion des risques [5].

### I.5. Quelques normes sur l'analyse de risques

- Il existe plusieurs normes pour la protection contre les risques comme [6]:
  - CEI 60300-3-9: "analyse de risque des systèmes technologiques",
  - EN1050: "sûreté d'évaluation des risques – de machines",
  - EN50126: "applications ferroviaires – les spécifications et la démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de l'entretien et de la sûreté (RAM)",
  - SO17776: "directives et outils en mer d'installations - de production d'industries de pétrole- et de gaz naturel pour l'identification de risque et l'évaluation des risques",
  - NORSOK Z-013: "analyse d'état de préparation de risque et de secours",
  - EN 1441, 1997: "l'analyse du risque était même parfois considérée comme le processus entier".
- 

### I.6. Complémentarité de l'assurance qualité et de l'analyse de risques

L'entreprise qui offre des services dans les domaines techniques a mis en place une démarche aboutissant à la certification ISO 9000, cette certification est un utile important pour la confiance des clients, fondée sur une analyse exhaustive et précise des fonctionnements des entités, offrant la capacité de pérenniser des progrès [7, 8].

### I.7. Les méthodes d'analyse des risques

La figure I.3 présente les différentes méthodes d'analyse des risques.

Les critères suivants interviennent dans le choix d'une méthode d'analyse:

- Critères liés aux objectifs de l'analyse.
- Critères liés au système étudié.
- Critères liés aux moyens d'étude.

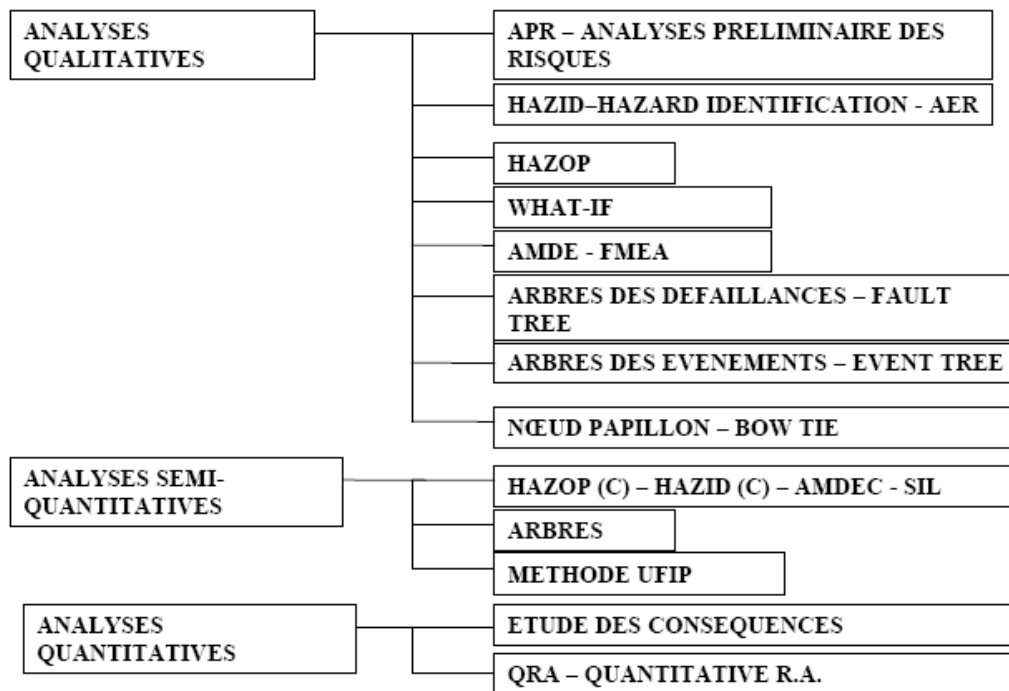


Figure I.3 : Les différentes méthodes d'analyse des risques [9, 10].

### 1.8. La méthode HAZOP

La méthode HAZOP (HAZard and OPerability studies), a été développée par la société Impérial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ». Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'identifier les causes et les conséquences [10, 11].

HAZOP peut être utilisé conjointement à d'autres méthodes d'analyse de la sûreté de fonctionnement, tels que l'analyse des modes des défaillances et de leur effet et de leur criticité (AMDEC) et l'analyse par l'arbre des défaillances (AdD) de telle combinaison peuvent être utilisées dans les situations exposées ci-dessous :

L'analyse HAZOP indique clairement que la qualité de fonctionnement d'une entité spécifique de l'équipement son critiques et doivent être examinées en

profondeur ; HAZOP peut être utilement complété à une AMDEC de cette entité de l'équipement.

Après avoir examiné, avec HAZOP, les déviations par éléments ou caractéristiques, on décide d'analyser l'effet des déviations multiples ou de quantifier l'éventualité des défaillances en utilisant une AdD. HAZOP est une approche centrée essentiellement sur le système, contrairement à l'AMDEC qui est centré sur le composant [12].

### **I.9. Analyse dysfonctionnelle**

L'analyse dysfonctionnelle des systèmes consiste à identifier les conditions qui peuvent conduire à des défaillances et de savoir leurs conséquences sur la sûreté de fonctionnement des systèmes en cours de conception ou déjà opérationnels [13].

### **I.10. Eléments IPS et l'analyse des risques**

La démonstration de la bonne maîtrise des risques nécessite donc d'assurer que ces mesures sont correctement dimensionnées et maintenues dans le temps vis-à-vis des risques d'accidents majeurs.

Les éléments IPS sont déterminés par l'exploitant lors de l'analyse des risques menée dans le cadre de l'étude des dangers. Ils sont retenus de façon systématique pour chaque scénario d'accident majeur identifié.

Bien entendu, ce processus dépasse le simple cadre d'une identification formelle puisque l'exploitant s'engage à maintenir les performances de ces éléments IPS à un niveau jugé optimal compte tenu des risques à maîtriser.

L'étude des dangers doit donc décrire les actions à mener pour assurer que les éléments IPS remplissent au mieux leur fonction.

Ces actions sont définies en termes de tests, de maintenance, de formation, etc.

Elles entrent, le cas échéant, dans des procédures gérées par le Système de Gestion de la Sécurité (SGS) [14].

### I.11. Démarche de l'analyse des risques

#### I.11.1. Définition du système

L'analyse des risques est un travail qui peut s'avérer complexe et mobiliser des ressources importantes. Dès lors, il est indispensable d'identifier clairement le système à étudier et de déterminer sans ambiguïté les limites de l'étude.

Il peut par exemple s'agir d'étudier les risques associés à une nouvelle installation devant être implantée, d'identifier les risques associés à la modification d'un procédé existant ou de passer en revue les risques à l'échelle d'un site industriel complet [15].

Cette définition permet notamment de limiter la description du système aux informations nécessaires et suffisantes au champ de l'étude.

#### I.11.2. Définition des objectifs de l'étude

La définition des objectifs de l'analyse des risques est une étape essentielle qui permet notamment de définir les critères d'acceptabilité des risques.

Il peut par exemple être nécessaire de mener une analyse des risques dans l'un des buts particuliers suivants :

- Analyser les risques d'accidents de manière générale et les événements pouvant nuire à la bonne marche du procédé (pannes, incidents...)
- Analyser plus spécifiquement les risques aux postes de travail (Code du travail),
- Analyser les risques d'accidents majeurs (cas de l'étude des dangers),
  - Selon les objectifs poursuivis, la démarche et les outils utilisés pourront être significativement différents [16].

#### I.11.3. Recueil des informations

Le recueil des informations nécessaires à l'analyse des risques est probablement une des phases les plus longues du processus mais également une des plus importantes.

Avant de mettre en œuvre la démarche d'analyse des risques, il est généralement nécessaire de respecter les étapes suivantes :

- Description fonctionnelle et technique du système,

- Description de son environnement,
- Identification des potentiels de dangers internes et externes,
- Analyse des incidents/accidents passés.

### **I.12. Application de l'analyse des risques**

- L'analyse des risques c'est un travail de séance de réflexion, c'est une question d'envisager de la manière la plus approfondie de l'ensemble des risques produits par le penchement sur les outils systématiques de l'analyse.
- C'est une question d'identifier l'ensemble des dangers, des causes et des conséquences et les barrières mise en place pour la sécurité, si pour ça l'analyse des risques est réalisée au travers des étapes suivantes :
  - Identification et caractérisation des potentiels de danger,
  - Réduction des potentiels de danger,
  - Estimation des conséquences potentielles.

#### **I.12.1. Identification et caractérisation des potentiels de danger**

L'identification des dangers est le processus permettant de trouver, lister et caractériser les situations, conditions ou pratiques qui comportent en elles-mêmes un potentiel à causer des : dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement.

Tous les dangers potentiels des installations sont identifiés et caractérisés en n'oubliant pas ceux liés aux modes d'approvisionnements et d'expéditions des matières susceptibles de générer des dangers y compris par effet domino. A ce stade de l'analyse l'évaluation de la gravité du potentiel de danger fera abstraction de toutes barrières déjà en place.

Cette étape sera mise en œuvre à l'aide de techniques adaptées et sera conduite par une équipe multidisciplinaire qui pourra utiliser une check-list pour identifier les dangers présents sur l'installation à tous les stades de son exploitation. Cela constitue le point de départ de la réalisation d'un registre d'identification des dangers [17].

### I.12.2. Réduction des potentiels de danger

Pour les risques identifiés comme présentant un fort potentiel de danger, cette étape consiste à tenter de :

- Supprimer ou substituer aux procédés et aux produits dangereux, à l'origine de ces dangers potentiels, des procédés ou produits présentant des risques moindres ;
- Réduire autant qu'il est possible les quantités des matières dangereuses en cause, Pour cette étape on pourra avoir recours à une étude technico-économique.

### I.12.3. Estimation des conséquences potentielles

Cette étape consiste à faire une évaluation des conséquences potentielles de la libération de la totalité du danger présent dans le système étudié. Ne seront retenus que les scénarios physiquement vraisemblables, par exemple un BLEVE de réservoir sous talus n'est pas physiquement vraisemblable.

Les conséquences sont évaluées en terme de gravité et classées selon leurs effets (thermique, mécanique, toxique...).

Cette évaluation des conséquences sera faite sur les personnes, les biens et l'environnement.

Cette étape consiste à comparer le risque potentiel à des critères de risques définis.

Pour chacune des conséquences attachées à un danger, le niveau de risque potentiel sera évalué, pour cela on aura recours à une matrice (**Tableau I.1**) de criticité adaptée à l'installation objet de l'étude. Cette matrice propre à l'entreprise est l'un des éléments de la politique HSE de l'entreprise.

Pour chacune des conséquences du scénario étudié, la gravité et la probabilité seront évaluées de façon croissante.

Chacune des conséquences ainsi évaluées sera positionnée dans la grille:

- La zone verte (I) correspond à un risque faible jugé comme acceptable sous réserve d'avoir personnel compétent d'assurer sa formation et de mettre en place les procédures nécessaires,
- La zone orange (II) correspond à un risque moyen pour lequel il sera nécessaire de démontrer que le système de management de la sécurité est bien en place et

qu'il est bien appliqué et que le risque a été ramené au plus bas niveau possible eu égard aux conséquences financières de son acceptation et au coût qu'engendrerait toute réduction supplémentaire (principe d'ALARP),

- La zone rouge (III) correspond à un risque intolérable qui va nécessiter une étude détaillée de chacun des scénarios présents dans cette zone avec pour objectif de le rendre acceptable.

Pour chacun des scénarios le registre d'identification sera complété par les valeurs des niveaux de risque. Cette approche est basée sur l'expérience et le jugement de l'équipe multidisciplinaire.

**Tableau I.1: Matrice de criticité [18].**

Gravité	CONSEQUENCES			Probabilité				
	Personnes	Biens	Environnement	A	B	C	D	E
0	Pas de blessé	Pas de dommage	Pas d'effet (ni environnement ni coût)	Pas connu dans votre industrie	S'est produit dans votre industrie	Arrivé dans votre compagnie	Arrivé plusieurs fois par an dans votre compagnie	Arrivé plusieurs fois par an sur votre site
1	Blessures légères (soin infirmerie ...)	Dommages légers	Faibles effets (interne au site et coût négligeable)					
2	Blessures mineures	Dommages mineurs	Effets mineurs		I			
3	Blessures graves (Arrêt de travail prolongé)	Dommages localisés	Effets localisés			II		
4	Un à trois décès	Dommages importants	Effets importants				III	
5	Plusieurs décès	Dommages énormes	Effets énormes					

## **Chapitre II**

### **Description du site d'étude**

Ce chapitre est consacré à la présentation et la description détaillée du site d'étude qui est le complexe pétrolier de SONATRACH Rhourde-Nousse situé à la wilaya Ouargla, Algérie.

## **II.1. Présentation de la région de Rhourde-Nouss**

### **II.1.1. Historique**

Quatre grandes étapes ont ponctué le développement de la direction régionale de RHOURE NOUSS pendant une période comprise entre 1988-2000 [18, 19]:

- 10-Mai-1966: Mise en service du Centre de traitement d'huile.
- 28-Jan-1988: Démarrage de l'usine phase A (phase A).
- 14-Juin-1989: Mise en service de RHOURE ADRA.
- 24-Avril-1992: Mise en service de RHOURE HAMRA.
- 29-Mai-1992: Mise en service de RHOURE CHOUFF.
- 16-Juin-1995: Démarrage de l'usine de HAMRA.
- 23-Mai-1996: Première expédition de GPL (HAMRA).
- 13-Août-1999: extension de la phase A par un cinquième train d'une capacité de 10.250 millions SM<sup>3</sup>/j de gaz.
- Fin Fév-2000: Démarrage Usine GPL (Phase B) d'une capacité de traitement de 48 millions de m<sup>3</sup>/j pour la production de 3800 t/j du GPL.
- 06-Mars-2000: Première expédition de GPL (RHOURE-NOUSS).

### **II.1.2. Situation géographique**

- La région de RHOURE-NOUSS fait partie de la Wilaya d'OUARGLA.
- Elle est située à 350 Km au Sud/Sud-est de OUARGLA, à 1200 Km au Sud/Sud-est d'ALGER et à 270 Km au Sud/Sud-est de HASSI MESSAOUD. Elle est reliée à la route nationale N3 (OUARGLA-ILLIZI) par une bretelle de 30 km goudronnée (**Fig. II.1**).

- La Direction Régionale de RHOURE-NOUSS se trouve à la lisière de l'ERG ORIENTAL avec une alternance de HAMADA (ou GASSI) et d'ERG (ou SIOUF) de direction généralement Nord/Sud.
- L'altitude moyenne est située à 275m par rapport au niveau de la mer.
- Son climat est désertique (sec avec un très faible taux d'humidité).
- Ecart important de température entre l'hiver et l'été (-5°C à 55°C).
- Elle enregistre une pluviométrie très faible (2 à 4 mm/an).
- Terrain accidenté vu la position de la région (limite de l'erg oriental).
- Fréquence importante des vents de sable.



**Figures II.1:** Situation géographique de la région de RHOURE-NOUSS [18, 19]

- La région de RHOURE NOUSS est composée de plusieurs champs (Gisements) sur un rayon de 100 Km par rapport au siège de la direction régionale qui est située dans le champ de RHOURE-NOUSS centre.

### II.1.3. Description des champs de RHOURE-NOUSS

Les principaux champs mis en exploitation sont [18, 19]:

- RHOURE-NOUSS centre.
- RHOURE-NOUSS Nord-est.

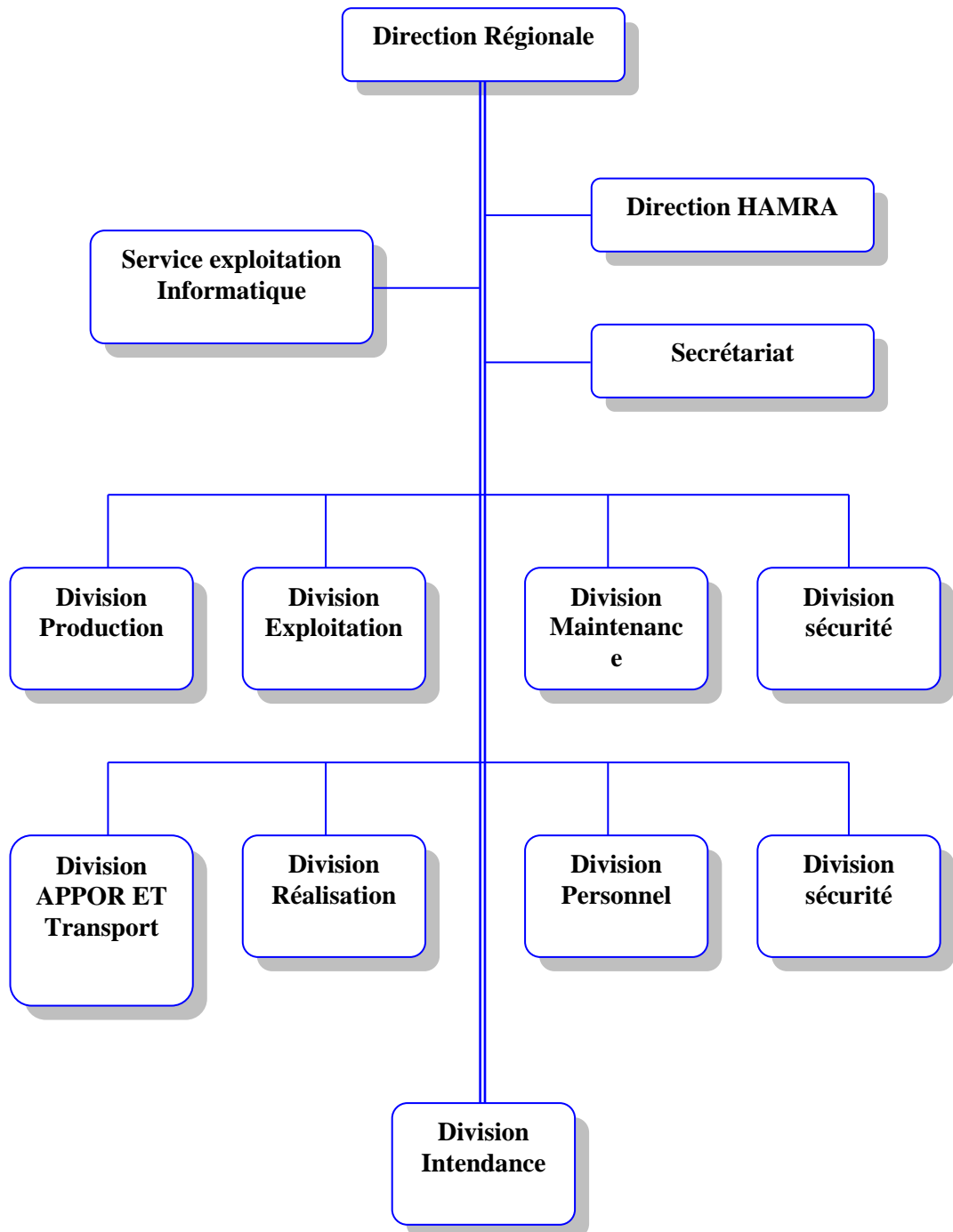
- RHOURE-NOUSS sud-est.
- RHOURE-NOUSS sud-ouest.
- RHOURE-CHOUFF.
- RHOURE-ADRA.
- RHOURE-HAMRA.
- HAMRA.

D'autres champs, de moindre importance, ont été découverts et seront développés dans le futur, il s'agit de :

- Champ de RHOURE-HAMRA Sud-est
- Champ de RHOURE-NOUSS 3
- Champ de MOUILAH
- Champ de MEKSEM
- Champ de DRAA ALLAL
- Champ d'ELKETAIA
- Champ de RHOURE ADRA Sud-est.

#### **II.1.4. Organisation générale**

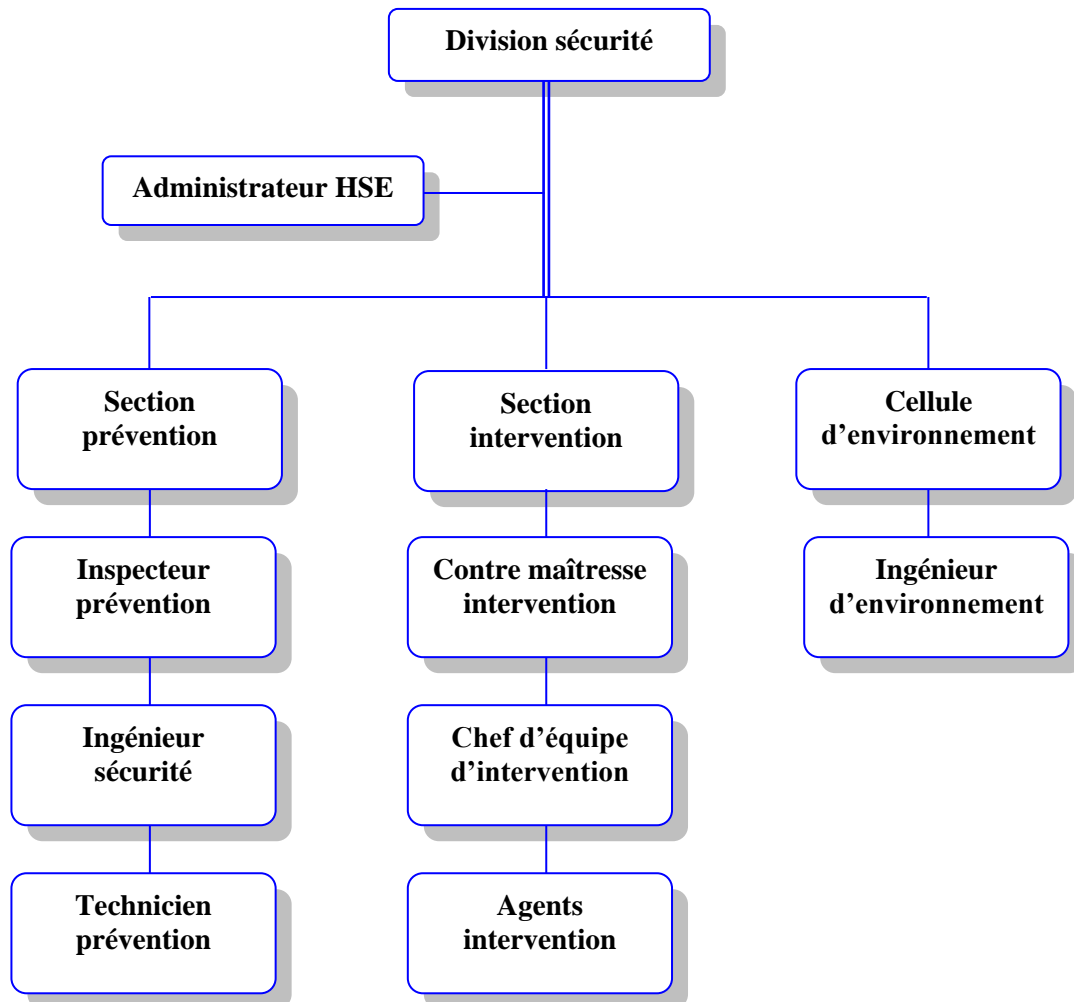
Le schéma de la figure **II.2** représente l'organisation générale de la direction régionale RHOURE NOUSS [18]:



**Figure II.2:** Organisation générale la région de Rhourde-Nouss.

### II.1.5. Organisation de la division HSE

L'organigramme de la figure II.3 donne une description graphique de la division d'Hygiène Sécurité Environnement (HSE):



**Figure II.3 :** Organisation de la division HSE [18].

La division HSE est subdivisée en plusieurs service qui sont [18]:

#### a. Service de Prévention

Les rôles de prévention sont:

- Gestion autorisation de travail:
  1. Sécurité de véhicule
  2. Travaux en hauteur
  3. Isolation d'énergie

- Les accidents de travail
- Inspection
- Test des systèmes anti-incendie (automatique)
- Gestion des modifications
- Les conférences et les réunions (sensibilisation).

#### **b. Cellule d'environnement**

La mission de cellule environnement est d'intervenir dans tous les domaines suivants:

- **Eau, air et sol** : établir les périmètres de protection des forages et des puits afin de garantir la préservation des nappes phréatique de toute pollution, l'épuration des rejets industriels et urbains, surveilles la qualité des eaux potables optimisation de la gestion de distribution de l'eau potable dépollution des sols, contre des rejets atmosphériques.

Déchet : gères et trier les déchets, dimensionner les lieux de stockage des produits dangereux et non dangereux, valorises l'énergie des déchets, dépollution des sols.

- **Management** : veiller à l'application des lois environnement en vigueurs, garantir l'application du politique environnement du siège, sensibilisation et formation sur le développement durable.

Réalises des études et produit des rapports, planifier la réalisation des travaux de terrain, sélectionner encadres et contrôler les prestations des sous-traitants.

#### **c. Service Intervention**

Rôle d'intervention:

- Intervenir en cas d'accident
- Entretien les camions et moyen mobil
- Test des systèmes anti-incendie
- Les exercices

### **II.1.6. Les moyens contre l'incendie**

Le centre de traitement et recyclage de RHOUE NOUSS est protégé par un réseau anti-incendie composé de moyens fixes et autre moyens mobiles [18]:

#### **a. Réseau anti-incendie**

Le réseau d'eau d'incendie est composé d'un réservoir de stockage d'une capacité de 12800 m<sup>3</sup> suffisante pour fournir l'eau en cas d'incendie pendant 24 heures. Le réseau de

distribution est aménagé de manière boucle maillée qui permet l'intervention rapide, en cas de sinistre, sur plusieurs points tout autour du réseau. Celui-ci est fourni à partir d'une installation d'alimentation constituée de :

- Quatre (04) pompes de 500 [m<sup>3</sup>/h] dont deux (02) entraînées par moteurs électriques et deux (02) entraînées par moteurs Diesels.
- Deux (02) pompes jockey de 50 [m<sup>3</sup>/h] destinées pour le maintien de pression du réseau à 7 bars.

Le réservoir de stockage d'eau incendie reçoit l'eau directement du manifold des puits d'eau après filtrage

- 50 Poteaux incendie installés sur les principales routes assurant l'intervention rapide (Q= 100 mm).
- 07 Lances monitors de diamètres (Q =70 mm).
- Canons (eau / mousse) installés dans la zone de stockage.
- 22 dévidoirs tournants.

### **b. Réseau d'extinction fixe**

- **Système d'extinction à mousse :** La mousse est utilisée pour éteindre le feu d'hydrocarbure dans la zone de stockage les bacs (toit flottant et fixe). Tous les bacs sont équipés d'un système de lutte contre les incendies à mousse. Donc l'extinction des feux sur les bacs de stockage, exige l'utilisation de la mousse pour couvrir la surface d'hydrocarbure grâce à un dispositif d'injection de mousse qui se fait à travers les déversoirs à mousse et lance mousse installés dans les quatre (04) coins pour l'extinction de feu de la cuvette de rétention.

- **Système d'extinction à CO<sub>2</sub> automatique:** Ce système est installé au niveau :

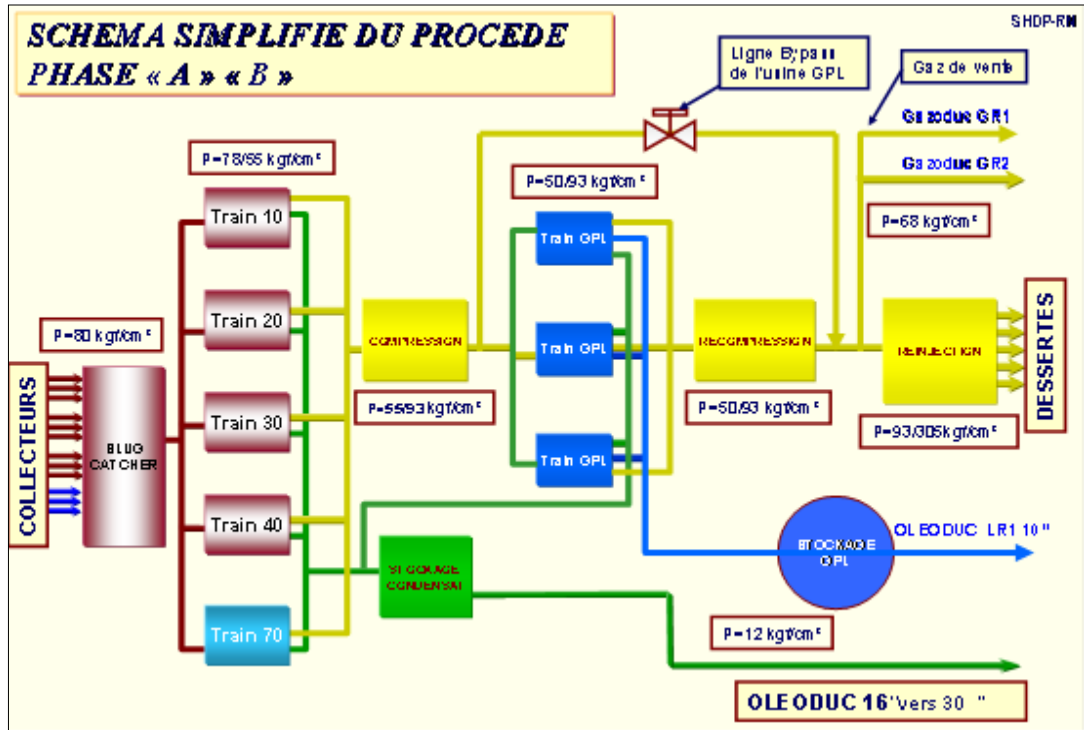
1. Des sous-stations électriques
2. Unités compression et réinjection (pour la protection des turbines).

- **Système d'extinction à poudre sèche automatique:** Ce système est installé au niveau des compresseurs.

## **II.2. Description générale de l'usine de traitement du complexe de RHOURE-NOUSS**

### **II.2.1. Schéma global du complexe Rhourde Nousse**

Le Schéma global du complexe Rhourde Nousse des deux usines de traitement de gaz est présenté par la **Figure II.4**.



**Figure II.4:** Schéma global du complexe Rhourde Nousse des deux usines de traitement de gaz [13].

### II.2.2. La production

La capacité globale de RHOURE NOUSS est portée à [12] :

Gaz brut	: 51 millions cm <sup>3</sup> /j.
Réinjection	: 75% environ, soit 32 millions cm <sup>3</sup> /j gaz sec.
Commercialisation	: 20 millions cm <sup>3</sup> /j.
GPL	: 3986 T/j.
Condensât	: 5000 T/j.
Pétrole brut	: 500T/j.

Le tableau **II.1** résume les données de la production de la direction régionale de RHOURE-NOUSS.

**Tableau II.1** : La production entre 1988 et 2003 de RHOURE-NOUSS.

Période	Gaz Brut 10 <sup>3</sup> SM <sup>3</sup>	Gaz Sec 10 <sup>3</sup> SM <sup>3</sup>	Gaz Expédié 10 <sup>3</sup> SM <sup>3</sup>	Gaz Réinjecté 10 <sup>3</sup> SM <sup>3</sup>	Condensât en Tonnes	GPL en Tonnes
1988	5999205	5783573	3057024	2445704	927431	0
1989	6562277	6329858	2518705	3559324	1050067	0
1990	10956635	10447888	3376938	6666884	1879545	0
1991	12448482	11901189	2952732	8525243	2280123	0
1992	13373200	12785190	3298924	9074301	2252085	0
1993	13581557	12984289	2983912	9585088	2066366	0
1994	14069224	13450495	3455197	9640008	1993626	0
1995	14493240	13855876	3390691	10145169	1911010	0
1996	14248304	13621707	2961495	10339047	1768558	0
1997	13546048	12950334	2910829	9741072	1566874	0
1998	13947077	13333733	2233732	10772780	1450185	0
1999	12701465	12142894	1855974	9979379	1259948	0
2000	17724140	17171127	5888181	10345170	1851371	585886
2001	17841859	16977685	6619352	9796018	1745259	962957
2002	17910339	17122695	6725236	9846341	1659663	1024087
2003	17726415	16946859	6137442	10215316	1553990	996328

### II.2.3. Réseaux collectes

Cette production est assurée par un certain nombre des puits producteurs et injecteurs de gaz, un ensemble des collectes et manifolds (**figures II.5 et II.6**) [15].

- Puits producteurs de gaz : 76.
- Puits injecteurs de gaz : 36.
- Puits d'huile : 16.
- Collectes : 780 Km (diamètre de 4 à 20").
- Manifolds : 37.

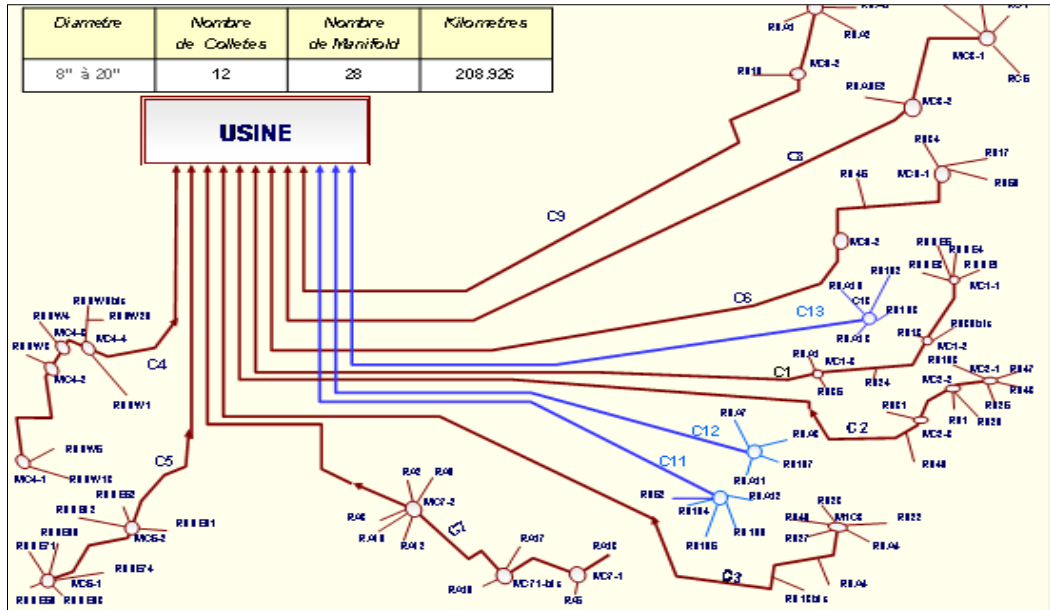


Figure II.5: Puits producteurs phases “a” et “b”.

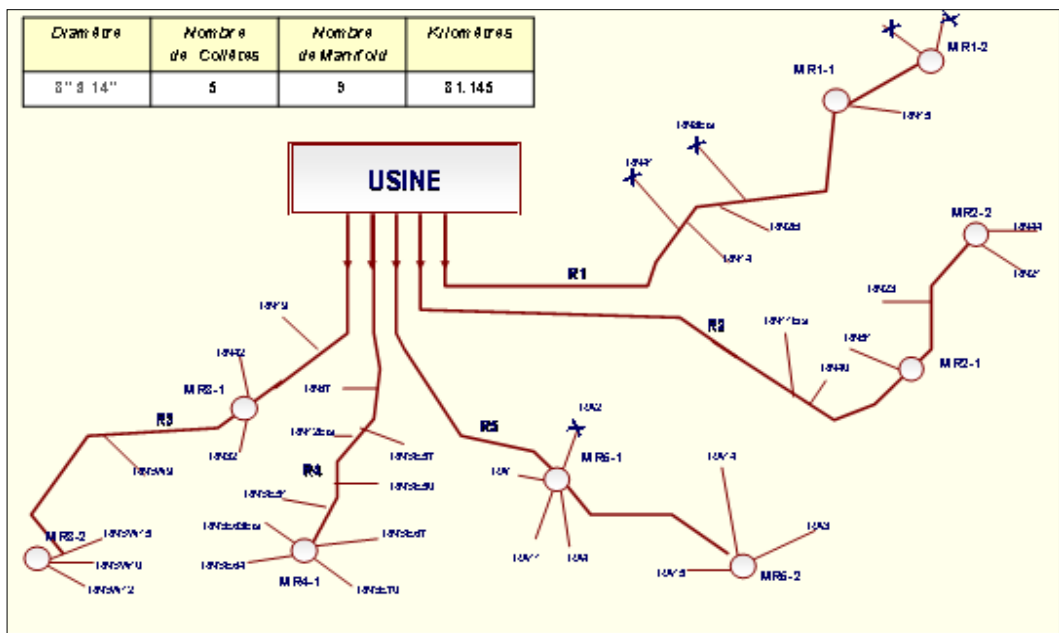


Figure II.6: Puits injecteurs.

## II.2.4. Circuit de gaz

Le centre de traitement traite les effluents arrivants des puits des champs voisinant pour la production de condensant et de gaz. A l'entrée du centre il y a 13 collecteurs d'arrivés de brut. Après les collecteurs, le brut passe par le 'slug catcher' ou il subit une première séparation tri phasique (gaz, condensant, eaux) dans les deux ballons de séparation superposés et sous l'effet de la différence des densités, le gaz humide sort du

sommet du 'slug catcher', a une température de 40 c° et une pression de 56 bars, après il sera envoyé vers les trains ; il y a quatre trains identiques (10, 20, 30, 40) [18].

### **II.2.5. Circuit de condensât**

Le condensât venant du ballon 10-V-01 se mélange avec le condensât venant du V-05et V-01 et V02 dans le mélangeur (collecteur) puis il dirige vers le ballon de séparation, biphasé (condensât /gaz lourd) 10-V-06, le condensât sortant de V06 est divisé en deux parties, ensuite il sera envoyé vers les échangeurs 10-E-04 A/B et en série avec l'échangeur 10-E-06 pour réchauffer, après il entre dans le ballon de séparation 10-V-08 biphasé (gaz/condensât).

Le condensât sera pompé par les pompes A/B vers les filtres S05 A/B, ensuite le coalescer S04. La charge du condensât venant du S04 se divise en deux ; une charge entre dans l'échangeur 10-E-05 pour réchauffer, ensuite il entre dans la colonne au plateau 21. La deuxième charge entre directement dans la colonne au 13<sup>eme</sup> plateau. La pompe P03 aspire la condensât du fond de colonne et elle le refoule vers le four pour augmenter sa température puis elle retourne à la colonne. Le condensât sera stabilisé au fond de la colonne, ensuite elle passe dans les échangeurs E05 /E06 puis les EAROS pour être refroidir, après vers le stockage On-Spec ou Off-Spec.

Le gaz lourd, venant des ballons V06/V08/S04, est mélangé dans le ballon de séparation biphasé 10- V-07 (gaz lourd / liquide), le liquide est purgé vers les eaux huileuses, et le gaz dirige vers les sécheurs 10-A-01 A/B qui fonctionnent en redondance passive, puis vers les filtres S03 A/B pour empêcher les impuretés, ensuite il sera envoyé vers l'unité de compression.

### **II.2.6. Station de réinjection (Unité 60)**

La station de réinjection est composée de quatre turbocompresseurs K61/62/63/64 [18].

Le but de l'unité est de réinjecter le gaz léger (C1/C2) dans les puits ré-injecteurs pour double objectif;

- Maintenir la pression du gisement.
- Augmente la durée de vie de la production.

### **II.2.7. Unité d'air**

L'objectif de l'unité est de produire l'air, instrument nécessaire pour le fonctionnement des vannes automatiques dans l'unité de traitement [20]:

L'air service arrive de l'unité de compression à une pression de 6 bars, puis il sera partagé en deux, et envoyé vers les ballons de séparations, ensuite vers les filtres, à la sortie des filtres l'air doit être divisé en trois.

1. Une quantité vers les instruments (vers les vannes qui fonctionnent à une pression de (6 bars) BP.
2. Vers le ballon de réserve.
3. Vers les deux compresseurs pour augmenter la pression jusqu'à 10 bars, puis sera envoyée vers les vannes qui fonctionnent à une pression de 10 bars HP.

En cas de problème dans l'unité de compression, il existe deux moteurs compresseur qui assurent l'alimentation par l'air.

### **II.3. Le choix de système (Turbocompresseur)**

La turbine à gaz est l'une des machines les plus importantes (stratégique) de l'industrie pétrolière, vu sa robustesse et son coût.

C'est un système très complexe qui a des risques de différentes natures et toute défaillance dans le système provoque une mauvaise production (ayant un rapport avec le coût de l'entreprise).

#### **II.3.1. Les systèmes de contrôle de la turbine**

- **Le MARK VI** : un système informatique de commander et visualisation du turbo compresseur.
- **DCS**: distributed control system.
- **PLC**: programmable logic control.
- **ICS** : information control system.

#### **II.3.2. Les barrières de sécurité dans le turbocompresseur**

Il existe trois barrières de sécurité principales [4, 10]:

##### **a. Les barrières de sécurité dans le compartiment auxiliaire**

- Deux détecteurs UV/IR.

- Deux détecteurs de température.
  - Moyen extinction automatique par CO<sub>2</sub>.
- b. Les barrières de sécurité dans le compartiment turbinent**
- Trois détecteur de fume.
  - Six détecteurs de température.
  - Moyen extinction automatique par CO<sub>2</sub>.
- c. Les barrières de sécurité dans le compartiment compresseur**
- Deux détecteurs UV/IR.
  - Deux détecteurs fument
  - Deux détecteurs de température
  - Moyen extinction automatique par poudre

### **II.3.3. Les moyens de communication**

- Moyens de communication: qui sont la radio et l'interphone.
- Moyens d'alerte: qui sont les sirènes.
- Les autorisations de travail.
- La note de sensibilisation et les conférences et les réunions.

### **II.3.4. Les moyens de sécurité mobiles**

#### **a. Les extincteurs**

Le nombre des extincteurs existants au niveau de complexe en quatre catégories entre portatifs et extincteurs sur roues:

- Extincteurs portatifs à eau pulvérisation.
- Extincteurs sur roues à poudre sèche (50 Kg).
- Extincteurs portatifs à poudre (9 Kg).
- Extincteurs portatifs à CO<sub>2</sub>.

#### **b. Les équipements d'intervention mobile**

- Un camion mixte VMR115EP10 anti- incendie comportent les agents d'extinction eau (9000 l), émulseur (2500 l) et poudre (1000 Kg).
- Un camion anti- incendie comportent les agents d'extinction eau (900 l), avec une pompe (300) m<sup>3</sup>/h.
- Véhicule Toyota P.S. ou une motopompe de 180 m<sup>3</sup>/h.
- Tenue d'approche ou Tenue pénétration.

## **Chapitre III**

# **Méthodologie d'étude par HAZOP**

Dans ce chapitre, il s'agit de l'application de la démarche de l'analyse des risques pour évaluer et améliorer le système.

### III.1. Objectifs de la méthode HAZOP

HAZOP est une technique structurée et systématique appliquée à l'examen d'un système défini en vue de [12, 21]:

- L'identification de danger potentiel dans le système. Le danger peut se limiter à la proximité immédiate du système ou étendre ses effets bien delà, comme dans le cas des dangers environnementaux.
- L'identification des problèmes potentiels d'exploitabilité posés par le système et en particulier, l'identification des causes des perturbations du fonctionnement et des déviations dans la production susceptible d'entraîner la fabrication de produit non conforme.
- Evaluer les causes et les conséquences des déviations par une évaluation semi quantitative, et proposer des actions d'amélioration.

### III.2. Les avantages et les limites de la méthode

#### III.2.1. Avantages

- HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo hydrauliques.
- Méthode semi quantitative à utilisation simple.
- Elle présente un caractère systématique et méthodique.

#### III.2.2. Limites

- HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances. Dans certains cas, cette méthode peut être perçue comme point faible puisqu'elle ne peut pas traiter les défaillances complexes faisant intervenir plusieurs processus.
- Il est parfois difficile d'affecter un mot guide à une portion bien délimitée du système étudié. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une déviation.

- Les systèmes étudiés sont souvent composés de partie interconnectées si bien qu'une déviation survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement [15].

### **III.3. Domaine d'application de la Méthode HAZOP**

Cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation. De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas PID (Piping and Instrumentation Diagram) [12, 21].

### **III.4. Feuille de travail HAZOP**

Le tableau III.1 présente un exemple de feuille de travail HAZOP.

**Tableau III.1: Exemples de feuille de travail HAZOP [15].**

<b>Date</b>								
<b>Ligne ou équipement</b>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Mot clé	Paramètre	Déviations	Causes	Conséquences	Détection	Protection	Actions d'amélioration

#### **III.4.1. Définition de mot guide**

Un mot guide est un mot phase qui exprime et définit un type particulier de déviation par rapport à l'intention de conception d'un élément [2].

Les deux tableaux III.2 et III.3, présentent les principaux mots guide avec leur signification générale et les mots guide relatives à un ordre ou une séquence.

**Tableau III.2:** Principal mot guide avec leur signification de conception.

Mot guide	Signification
Ne pas faire	Négation total de l'intention de conception
Plus	Augmentation quantitative
Moins	Diminution quantitative
En plus de	Modification / Augmentation quantitative
Partie de	Modification / diminution qualitative
Inverse	Contraire logique de l'intention de conception
Autre que	Remplacement total

**Tableau III.3:** les mots guide relatives à l'heure et à un ordre ou une séquence.

Mot guide	Signification
Plutôt tôt	Relatives à l'heure
Plus tard	Relative à l'heure
Avant	Relatif à un ordre ou une séquence
Après	Relatif à un ordre ou une séquence

#### III.4.2. Les paramètres d'étude

Les paramètres aux quels sont accolés les mots guide dépendent bien du système considéré. De manière fréquente, les paramètres sur les quels porte l'analyse sont [4, 10] :

- ✓ La température,
- ✓ La pression,
- ✓ Le débit,
- ✓ Le niveau,
- ✓ La concentration,
- ✓ Le temps,
- ✓ Des opérations à réaliser.

#### III.4.3. Définition de déviation

Ecart par rapport à l'intention de conception

### **Mot guide + paramètre = Déviation**

Une fois la dérive envisagée doit, identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot guide une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer dans certains cas complexe.

### **III.5. Déroulement de la méthode**

La méthode HAZOP suit le déroulement ou la séquence correspondant à l'organigramme d'analyse comportant deux séquences d'examen possible (élément d'abord) ou (mot guide d'abord) comme le montre la figure **III.1** de la séquence (élément d'abord) qui est décrite ci-après:

- 1-** Choisir une partie du plan de conception comme point de départ et expliquer ensuite l'intention de conception de la partie et identifier les éléments pertinents et toutes les caractéristiques associées à ces éléments.
- 2-** Choisir un des éléments et déterminer le mot guide qui doit être appliqué en premier.
- 3-** Examiner la première interprétation applicable au mot guide dans le paramètre étudié pour crédible est identifiée, on recherche ses causes et ses conséquences possibles. Dans certaines applications, il est utile de classer les déviations en fonction du niveau de gravité et probabilité basé sur l'utilisation de grille de criticité.
- 4-** Vérifier la présence de mécanisme de détection et indication, de protection qui peut être n'empêche pas l'examen ou l'indication du problème d'exploitabilité potentiel, ni les tentatives de réduire la probabilité de manifestation d'un tel problème ou d'atténuer ses conséquences.
- 5-** Vérifier qu'il existe des actions d'améliorations selon l'évaluation de la déviation
- 6-** Répéter ensuite le processus pour toutes les autres interprétations de ce mot guide; puis pour un autre mot guide ; puis pour chaque déviation; puis pour chaque élément de la partie étudiée. Après l'examen complet d'une partie, le processus est répété jusqu'à ce que toutes les parties aient été analysées.

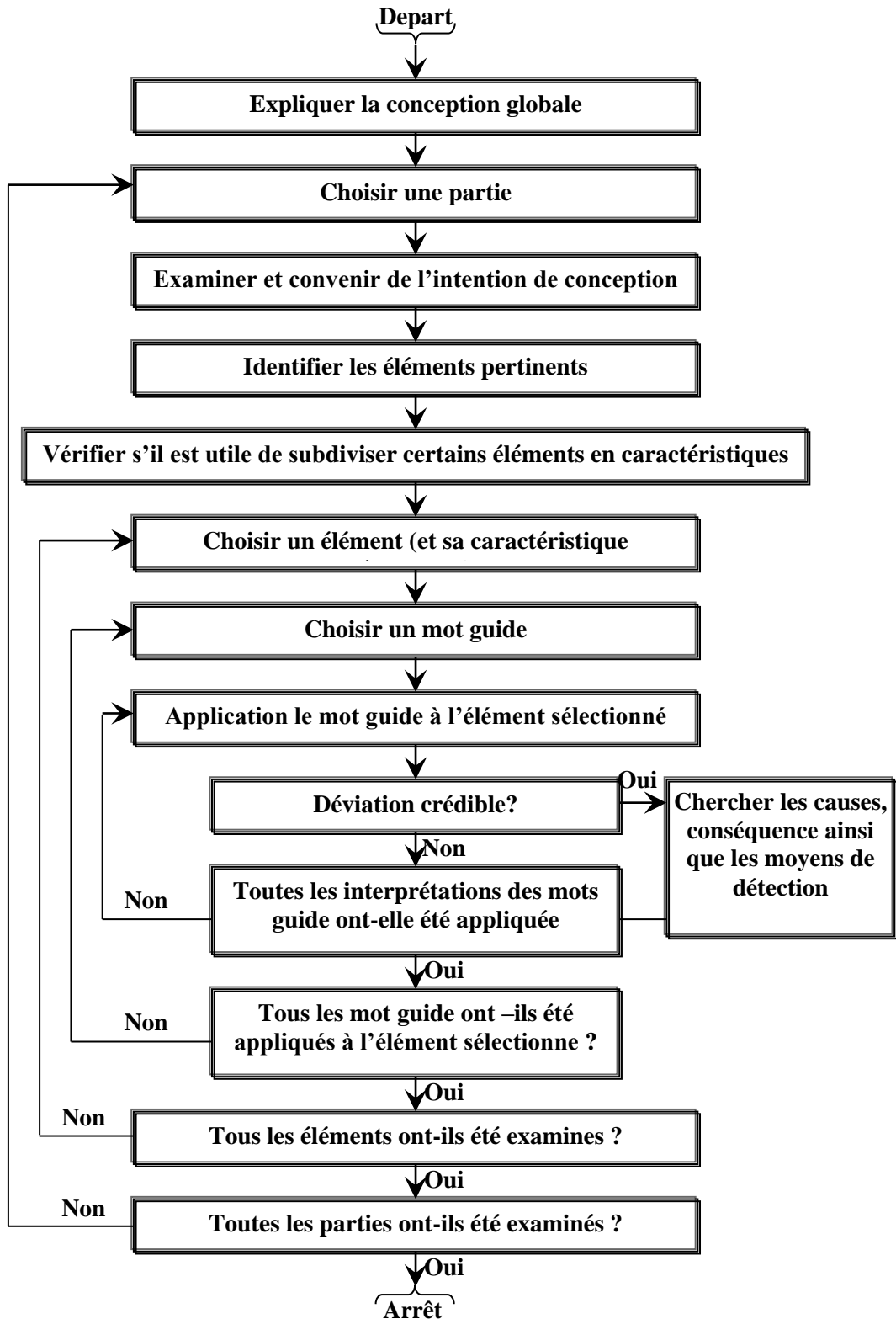


Figure III.1: Organigramme d'analyse d'une séquence d'examen [15, 21].

Une autre méthode identique à celle décrite ci-dessus sauf une celle différence qui est l'application de (mot guide d'abord).

### III.6. Moyen de détection

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets [15].

Il existe deux types de détection à savoir:

#### III.6.1. Détection portable (Explosimètre)

Celui-ci est destiné pour le contrôle du pourcentage de gaz au vapeur combustible dans l'air.

#### III.6.2. Détection fixe

- ✓ Capteur de température.
- ✓ Capteur de niveau.
- ✓ Capteur de pression.
- ✓ Capteur de vibration.
- ✓ Capteur de vitesse.
- ✓ Détecteur UV/IR.
- ✓ Détection de fumé

### III.7. Application au niveau du complexe pétrolier Rhourde Nousse

#### III.7.1. Les sous-systèmes étudiés

Dans le cas de ce complexe pétrolier Rhourde Nousse, et pour bien maîtriser le turbocompresseur, on doit décomposer à sept sous-systèmes [11]:

- 1- Turbine de lancement.
- 2- Compresseur axial.
- 3- Chambre de combustion.
- 4- Partie HP (haute pression)
- 5- Partie BP (basse pression).

6- Compresseur centrifuge.

7- Circuit d'huile.

### **III.7.2. Les composants et les paramètres de chaque sous-système**

#### **a. Première sous-système turbine de lancement**

**Les composants:** La roue, L'arbre

**Les paramètres:** Accouplement

#### **b. Deuxième sous-système compresseur axial**

**Les composants:** les roues, l'arbre, stator, les IGV

**Les paramètres:** débit, vibration

#### **c. Troisième sous-système (chambre de combustion)**

**Les composants:** fuel gaz, bougie, l'air

**Paramètres:** température, débit, durée.

#### **d. Quatrième sous-système partie HP**

**Les composants:** les paliers, stator, rotor

**Les paramètres:** vitesse, vibration

#### **e. Cinquième sous-système «turbine de puissance BP»**

**Les composants:** les roues, l'arbre, nozzles, stator

**Les paramètres:** vitesse, vibration

#### **f. Sixième sous-système «compresseur centrifuge»**

**Les composants:** rotor, stator

**Les paramètres:** pression, débit, vibration

#### **g. Septième sous-système circuit d'huile**

**Les composants:** les pompes les conduites les filtres

**Les paramètres:** température, pression

## **Chapitre IV**

### **Synthèse d'étude**

Le chapitre IV est de mettre en évidence à l'application de la méthode de sécurité adoptée pour éviter les dangers liés à l'utilisation d'un turbocompresseur afin d'évaluer les chemins critiques des risques à travers la détermination des causes et leur conséquence ainsi que l'action corrective.

#### IV.1. Etat du premier sous-système turbine de lancement

Au sein du complexe pétrolier Rhourde Nousse, l'application par le biais de la méthode HAZOP (Hazard and operability studies) de la démarche de l'analyse des risques permet l'évaluation des risques et l'amélioration de système. Cette analyse a permis d'identifier les différentes déviations, leurs causes et leurs conséquences sur le turbocompresseur. Cette méthode donne les informations sur les défaillances de ce système et les événements major.

Toutes ces informations, qui sont recueillies à partir de l'application HAZOP permettent de conclure l'action corrective correspondante.

Selon la déviation prise en considération, et le moyen de détection et selon la cause indiquée, HAZOP permet d'estimer les conséquences potentielles et d'identifier des potentiels de danger. HAZOP donne l'action corrective qui es signalée dans le tableau correspondant pour chaque sous-système étudié à part.

Pour ce premier sous-système «turbine de lancement», HAZOP donne l'action corrective qui est signalée dans le tableau **IV.1 [12, 20, 21]**.

**Tableau IV.1:** Etat du premier sous-système «turbine de lancement».

<b>Les composants :</b> La roue, L'arbre.				
<b>Les paramètres :</b> Accouplement.				
<b>Déviations</b>	<b>Cause</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Moyen de détection</b>	<b>Action corrective</b>
<b>Pas d'accouplement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défaut au niveau d'IGV</li> <li>- Défaut dans la pompe d'huile de lubrification</li> <li>- Faible pression du gaz de démarrage</li> <li>- Fausse indication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de démarrage du compresseur</li> <li>- Déclenchement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark IV</li> <li>- Locale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien</li> <li>- Bien réglé l'accouplement</li> <li>- Vérification des auxiliaires</li> </ul>
<b>Mouvais accouplement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défaut de réglage (erreur humaine)</li> <li>- Fausse indication</li> <li>- Détérioration de l'engrenage d'accouplement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Survitesse</li> <li>- Déclenchement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark IV</li> <li>- Détecteur de vitesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bien réglé l'accouplement</li> </ul>

## IV.2. Etat du deuxième sous-système compresseur axial

Pour ce deuxième sous-système «compresseur axial», HAZOP donne l'action corrective qui est signalée dans le tableau IV.2 [12, 20, 21].

**Tableau IV.2:** Etat du deuxième sous-système «compresseur axial».

Les composants : les roues, l'arbre, stator, les IGV.				
Les paramètres : débit, vibration.				
Déviaton	cause	conséquences	Moyen de détection	Action corrective
<b>Haut débit d'air</b>	- Survitesse de HP - BLADE valve reste fermé	- Vibration - Mauvaise combustion - Alarme sur MARK VI. - Déclanchement de la turbine.	- Mark VI - Détecteur de vibration.	- Entretien des filtres. - Vérification de blade valve
<b>Faible débit d'air</b>	- Mauvais alignement - Défaut de réglage du compresseur - Usures des aubes - Colmatage des filtres - Fausse indication - Défaut de réglage IGV - Problème au niveau du circuit d'huile de graissage.	- Mauvaise combustion - Mauvais refroidissements (pâlies + joint d'accouplement + compresseur) - Pompage compresseur - Incendie - Déclanchement de la turbine. - Alarme sur MARK VI. - La turbine ne démarre pas	- Mark VI	- Entretien - Contrôle périodique (chaque deux heures) - ESD
<b>Vibration</b>	- Défaut d'équilibrage du rotor (arbre +roues) - Mauvais alignement - Usure des pâlies - Fausse indication - Pompage	- Détérioration des aubes - Usure au niveau de l'arbre - Alarme sur MARK VI - Déclanchement de la turbine.	- Mark VI - Détecteur de vibration	- Entretien - Contrôle périodique (chaque deux heures) - ESD

**IV.3. Etat du troisième sous-système (chambre de combustion)**

Pour ce troisième sous-système «chambre de combustion», HAZOP donne l'action corrective qui est signalée dans le tableau IV.3 [12, 20, 21].

**Tableau IV.3:** Etat du troisième sous-système «chambre de combustion».

<b>Les composants:</b> fuel gaz, bougie, l'air.				
<b>Paramètres :</b> température, débit, durée.				
<b>Déviat</b>	<b>Cause</b>	<b>conséquence</b>	<b>Moyen</b>	<b>Action corrective</b>
<b>Pas de débit fuel gaz</b>	- Problème au niveau des vannes GCV et SRV (reste fermés). - Fausse indication.	- La turbine ne démarre pas. - Alarme sur MARK VI	- Mark V. - Détecteur de débit - Détecteur de flamme.	- Vérification d'huile de sécurité - Vérification le signal - Entretien
<b>Faible débit de fuel gaz</b>	- Fuite dans la conduite de fuel gaz. - Problème au niveau des vannes GCV et SRV - Fuite dans la conduite de l'injecteur. - Fausse indication - Défaut dans nozzle de fuel (bouchage).	- La vitesse souhaitée n'est pas atteinte. - Alarme sur MARK VI - Déclenchement de la turbine.	- Mark VI. - Thermocouple. - Détecteur de vitesse.	- Contrôle périodique du système de régulation de débit fuel gaz. - L'entretien. - Vérification du signal.
<b>Haut débit de fuel gaz</b>	-problème au niveau des vannes GCV et SRV. -fausse indication.	- Survitesse. - Mauvaise combustion - Fusion des tubes à flamme qui crée un endommagement mécanique. - Alarme sur MARK VI - Déclenchement de la turbine. - Vibration.	- Mark VI. - Thermocouple. - Détecteur de vitesse - Détecteur de vibration	- Contrôle périodique du système de régulation de débit fuel gaz. - L'entretien. - Confirmation du signal. - ESD
<b>Haut débit d'air</b>	- Problème au niveau du compresseur axial. - Survitesse HP. - Fausse indication - BLADE valve reste ouvert.	- Mauvaise combustion - Déclenchement de la turbine - Alarme sur MARKVI - Survitesse HP.	- Mark VI.	- Entretien

**Tableau IV.3 (Suite) : Etat du troisième sous-système «chambre de combustion».**

<b>Faible débit d'air</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défaut au niveau du compresseur.</li> <li>- Défaut au niveau IGV.</li> <li>- Fausse indication</li> <li>- Problème au niveau de la BLADE valve.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminue la vitesse</li> <li>- Mauvaise combustion.</li> <li>- Retour de flamme.</li> <li>- Déclenchement de la turbine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confirmation du signal.</li> <li>- L'entretien.</li> </ul>
<b>Bougie ne fonction pas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détérioration la bougie.</li> <li>- Défaut du réglage.</li> <li>- Défaut d'alimentation.</li> <li>- Fausse indication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de combustion (allumage).</li> <li>- Alarme sur MARK VI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Local</li> <li>- Détecteur de flamme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'arrêt de séquence de démarrage.</li> <li>- Vérification du signal.</li> <li>- L'entretien.</li> </ul>
<b>Haut température</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haut débit de fuel gaz</li> <li>- Fausse indication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de la vitesse de HP</li> <li>- Fusion de tuba flamme</li> <li>- Endommagements mécaniques</li> <li>- Alarme sur MARK VI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Thermocouple</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification du signal.</li> <li>- L'entretien.</li> <li>-Vérification des vannes SRV et GCV</li> </ul>
<b>Basse température</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible débit de fuel gaz</li> <li>- Faible débit d'air</li> <li>- Fausse indication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible vitesse de HP</li> <li>- Alarme sur MARK VI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Thermocouple</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification du signal.</li> <li>- L'entretien.</li> <li>-Vérification des vannes SRV et GCV</li> </ul>
<b>Bougie fonction après 20s</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défaut du réglage</li> <li>- Fausse indication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermeture du IGV et vanne de fuel gaz.</li> <li>- Détérioration chambre de combustion.</li> <li>- Explosion du gaz qui reste dans la chambre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Local</li> <li>- Détecteur de flamme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il faut l'arrêt.</li> <li>- Vérification du signal.</li> <li>- L'entretien.</li> </ul>

#### IV.4. Etat du quatrième sous-système partie HP

Pour ce quatrième sous-système «partie HP», HAZOP donne l'action corrective qui es signalée dans le tableau IV.4 [12, 20, 21].

**Tableau IV.4:** Etat du quatrième sous-système «partie HP».

Les composants : les paliers, stator, rotor.				
Les paramètres : vitesse, vibration.				
Déviations	Cause	Conséquence	Moyen de détection	Action corrective
<b>Survitesse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème dans la chambre de combustion.</li> <li>- Mauvais alignement.</li> <li>- Problème au niveau du compresseur axial.</li> <li>- Défaut de consigne de la survitesse.</li> <li>- Fausse indication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de la température.</li> <li>- Vibration.</li> <li>- Endommagements mécaniques.</li> <li>- Survitesse de la BP.</li> <li>- Alarme sur Mark VI.</li> <li>- Déclanchement de la turbine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MARK VI</li> <li>- Capteur de vitesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification du signal</li> <li>- Intervient de l'opérateur pour régler la vitesse</li> <li>- Vérification de la consigne de survitesse</li> <li>- Entretien</li> <li>- ESD</li> </ul>
<b>Vitesse basse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème dans la chambre de combustion.</li> <li>- Mauvais alignement.</li> <li>- Problème au niveau du compresseur axial.</li> <li>- Problème dans la roue HP.</li> <li>- Fausse indication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible vitesse BP.</li> <li>- Basse débit d'air.</li> <li>- Alarme sur MARK VI.</li> <li>- Déclanchement de la turbine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MARK VI</li> <li>- Capteur de vitesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification du signal</li> <li>- Intervention de l'opérateur pour régler la vitesse</li> <li>- Entretien</li> </ul>
<b>Haut vibration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais alignement.</li> <li>- Défaut d'équilibrage (rotor ou roue HP)</li> <li>- Survitesse</li> <li>- Fausse indication.</li> <li>- Pompe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endommagement mécanique.</li> <li>- Bruit.</li> <li>- Alarme sur MARK VI.</li> <li>- Déclanchement de la turbine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Capteur de vibration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien</li> <li>- Contrôle de la vitesse</li> <li>-Vérification du signal</li> <li>- ESD</li> </ul>

**IV.5. Etat du cinquième sous-système «turbine de puissance BP»**

Pour ce cinquième sous-système «turbine de puissance BP», HAZOP donne l'action corrective qu'est signalée dans le tableau IV.5 [12, 20, 21].

**Tableau IV.5:** Etat du cinquième sous-système «turbine de puissance BP».

<b>Les composants:</b> les roues, l'arbre, nozzles, stator.				
<b>Les paramètres:</b> vitesse, vibration.				
<b>Déviati</b>	<b>Cause</b>	<b>Conséquence</b>	<b>Moyen de détection</b>	<b>Action corrective</b>
<b>Survitesse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème au niveau de la roue HP.</li> <li>- Problème dans la chambre de combustion.</li> <li>- Défaut au niveau du compresseur (en cas de rupture au bien de fuite dans la conduite de refoulement).</li> <li>- Réglage de la consigne de survitesse trop basse.</li> <li>- Défaut de réglage les nozzles.</li> <li>- Fausse indication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de la température.</li> <li>- Vibration.</li> <li>- Alarme sur Mark VI.</li> <li>- Déclanchement de la turbine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MARK VI</li> <li>- Capteur de vitesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification du signal</li> <li>- Intervention de l'opérateur pour régler la vitesse</li> <li>- Vérification du réglage de la consigne de survitesse</li> <li>- Entretien</li> <li>- ESD</li> </ul>
<b>basse vitesse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème au niveau de la roue HP.</li> <li>- Problème dans les chambres de combustion.</li> <li>- Mauvais alignement.</li> <li>- Défaut de réglage des nozzles.</li> <li>- Détérioration des aubes</li> <li>- Fausse indication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible vitesse du compresseur.</li> <li>- Faible débit de refoulement (compresseur)</li> <li>- Déclenchement de la turbine.</li> <li>- Alarme sur MARK VI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MARK VI</li> <li>- Capteur de vitesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification du signal</li> <li>- Intervention de l'opérateur pour régler la vitesse</li> <li>- Entretien</li> <li>- ESD</li> </ul>
<b>Haut vibration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais alignement (entre BP et compresseur centrifuge).</li> <li>- Déséquilibre de la partie BP (roue+arbre)</li> <li>- Défaut de réglage les roues.</li> <li>- Survitesse</li> <li>- Fausse indication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Endommagement mécanique.</li> <li>- Bruit.</li> <li>- Alarme sur Mark VI.</li> <li>- Déclanchement de la turbine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Capteur de vibration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien</li> <li>- Vérification la vitesse</li> <li>- Vérification du signal</li> <li>- ESD</li> </ul>

#### IV.6. Etat du sixième sous-système «compresseur centrifuge»

Pour ce sixième sous-système «compresseur centrifuge», HAZOP donne l'action corrective qui est signalée dans le tableau IV.6 [12, 20, 21].

**Tableau IV.6:** Etat du sixième sous-système «compresseur centrifuge».

Les composants : rotor, stator.				
Les paramètres : pression, débit, vibration.				
Déviations	causes	conséquences	Moyens de détections	Action corrective
<b>Bas pression d'aspiration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de rotation du compresseur mal étudiée.</li> <li>- Fuite en amont du compresseur.</li> <li>- Problème au niveau de BP.</li> <li>- Fausse indication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débit de refoulement insuffisant.</li> <li>- Vibration.</li> <li>- Alarme sur Mark VI.</li> <li>- Déclenchement du compresseur.</li> <li>- Incendie</li> <li>- Explosion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Capteur de pression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification du circuit de gaz amont du compresseur</li> <li>- Vérification de signal</li> </ul>
<b>Haut pression d'aspiration</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de rotation du compresseur mal étudiée.</li> <li>- Survitesse de la BP.</li> <li>- La vanne FV 0 3 reste ouverte.</li> <li>- Fausse indication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haute pression de refoulement du compresseur.</li> <li>- Bruit.</li> <li>- Haute température de gaz.</li> <li>- Alarme sur MARK VI.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Capteur de pression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Augmentation de la vitesse de rotation compresseur</li> <li>- S'assuré que la transmission des paramètres et correcte</li> <li>- Arrêt du compresseur</li> </ul>
<b>Basse débit de gaz de recyclage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problème au niveau de la vanne anti-pompage FV03.</li> <li>- Basse début de gaz d'aspiration.</li> <li>- Fausse indication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pompage du compresseur puis endommagement du système</li> <li>- Bruit</li> <li>- Vibration</li> <li>- Alarme sur MARK VI.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Capteur de débit (Débitmètre)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La vanne de recyclage doit toujours être ouvert au démarrage</li> </ul>
<b>Basse pression de refoulement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La vitesse est mal étudiée.</li> <li>- Fuite de gaz en circuit (avant le compresseur)</li> <li>- manque de débit</li> <li>- Basse pression d'aspiration</li> <li>- Fausse indication.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déclenchement du compresseur par faible débit de refoulement.</li> <li>- Déclanchement de système d'alarme.</li> <li>- Alarme sur MARK VI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Capteur de pression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité de l'intervention spéciale pour vérifie le système de contrôle (de la vitesse)</li> <li>- Inspection de l'ensemble des installations en aval du compresseur et étanchement de la fuite si elle existe.</li> <li>- L'arrêt en cas d'un problème.</li> </ul>

**Tableau IV.6 (Suite) : Etat du sixième sous-système «compresseur centrifuge».**

<b>Haut pression de refoulement</b>	- La vitesse est mal étudiée - Défaut en aval du compresseur (vanne ferme). - Haute débit d'aspiration.	- Endommagement de compresseur. - Crachement de soupape de la sécurité - Déclenchement de système d'alarme. - Déclenchement du compresseur. - Alarme sur MARK VI	- Mark VI - Capteur de pression	- Ajuster la vitesse selon les paramètres - Vérification des circuits et la transmission au aval du compresseur - Inspection
<b>Vibration</b>	- La vitesse est mal étudiée (survitesse). Pompage du compresseur. - Fausse indication	- Endommagement du compresseur. - Bruit - Alarme sur MARK VI. - Déclenchement du compresseur.	- Mark VI - Capteur de vibration	- Vérification la vanne anti-pompage - Entretien

**IV.7. Etat du septième sous-système circuit d'huile**

Pour ce septième sous-système «circuit d'huile», HAZOP donne l'action corrective qui est signalée dans le tableau IV.7 [12, 20, 21].

**Tableau IV.7: Etat du septième sous-système «circuit d'huile».**

<b>Les composants :</b> les pompes les conduites les filtres.				
<b>Les paramètres :</b> température, pression.				
<b>Déviations</b>	<b>causes</b>	<b>conséquences</b>	<b>Moyens de détections</b>	<b>Action corrective</b>
<b>Haute température d'huile de graissage</b>	- Défaut de transmetteur - Les aeros ne fonction pas. - Détérioration thermostat. - Réchauffeur reste en fonction. - Fausse indication. - Erreur humaine (exp. dans l'ouverture de la vanne VTR1).	- Mauvais graissage. - Détérioration des pâlies et des joints. -Alarme sur MARK VI - L'arrêt d'urgence. - Incendie. - Explosion.	- Mark VI - Capteur de température - Capteur de pression	- Vérification du thermostat - Vérification du réchauffeur - Vérification des earos -Vérification de signal - ESD

**Tableau IV.7 (suite) : Etat du septième sous-système «circuit d'huile».**

Les composants : les pompes les conduites les filtres.				
Les paramètres : température, pression.				
Déviations	causes	conséquences	Moyens de détections	Action corrective
<b>Basse température d'huile de graissage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défaut de transmetteur.</li> <li>- Fonctionnement de toutes les earos.</li> <li>- Détérioration du thermostat</li> <li>- Détérioration du réchauffeur ou bien coupure d'alimentation</li> <li>- Fausse indication.</li> <li>- Erreur humaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvais graissage.</li> <li>- Détérioration des pâlies et des joints.</li> <li>- Alarme sur MARK VI</li> <li>- Turbine ne démarre pas.</li> <li>- L'arrêt d'urgence.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Capteur de température</li> <li>- Capteur de pression</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérification du thermostat</li> <li>- Vérification du réchauffeur</li> <li>- Vérification des earos</li> <li>- Vérification de l'alimentation électrique.</li> </ul>
<b>Basse pression d'huile de graissage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuite dans la conduite d'huile</li> <li>- Défaut dans les pompes d'huile.</li> <li>- Problème au niveau du compresseur.</li> <li>- Bouchage dans la conduite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sur échauffement des palais</li> <li>- Détérioration des palais.</li> <li>- Faible refoulement du compresseur</li> <li>- Les NOZZLE et IGV et GCV et SRV ne fonction pas bien.</li> <li>- Alarme sur MARK VI</li> <li>- Incendie.</li> <li>- Explosion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mark VI</li> <li>- Capteur de température</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien</li> <li>- Vérification la conduite d'huile</li> </ul>

## IV.8. Déduction des équations des coupes minimales

### IV.8.1. Cas de l'arbre de l'événement explosion

Selon le compartiment, dans ce qui suit, HAZOP indique les coupes minimales et la Figure IV.1 présente le schéma des compartiments, cas de l'arbre de l'évènement explosion [21].

#### a. Compartiment auxiliaire

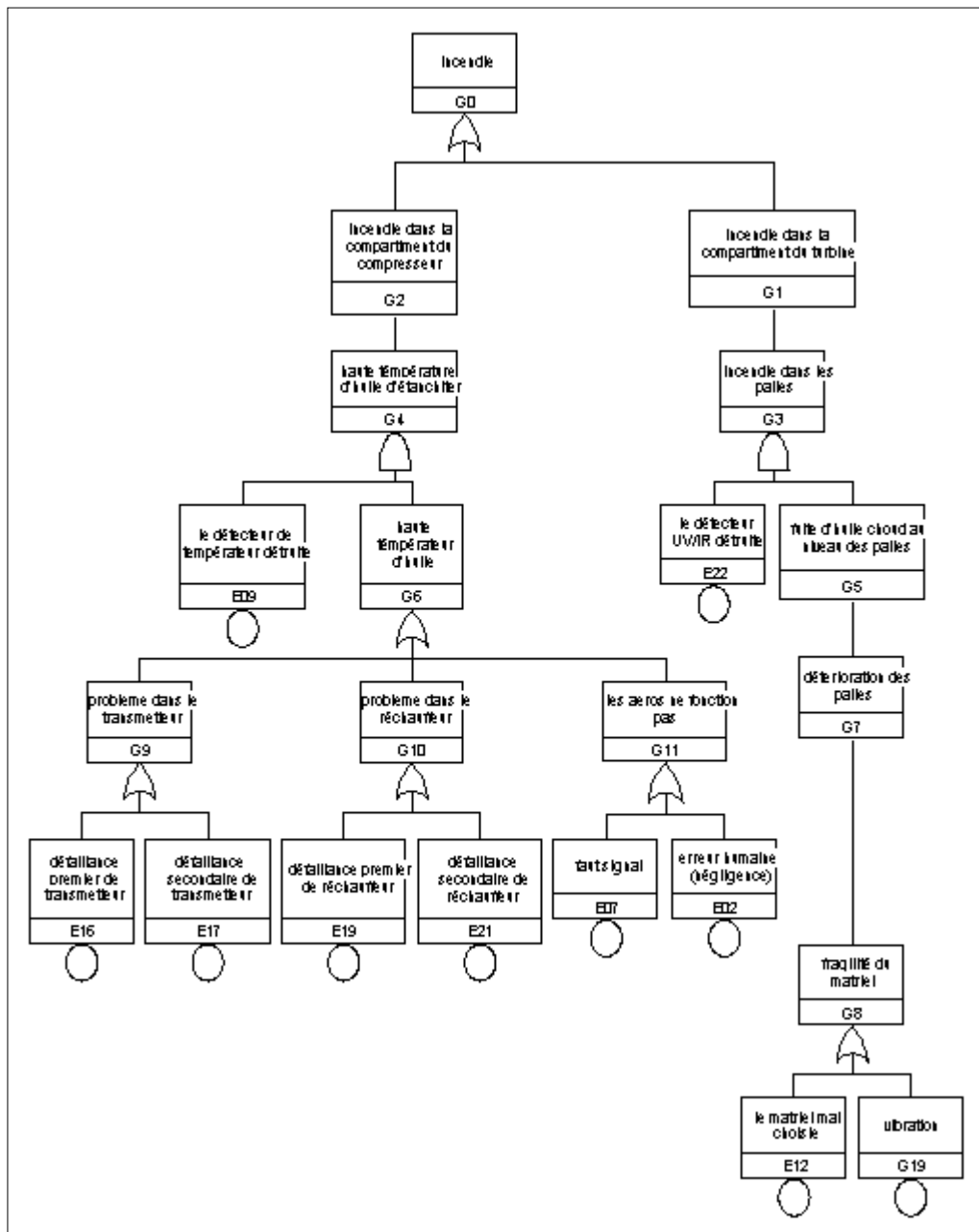
$G1 = E03 * E09 * E11 + E02 * E09 * E11 + E07 * E09 * E11 + E01 * E03 * E09 + E01 * E02 * E09 + E01 * E07 * E09.$

**b. Compartiment turbine**

$$G2 = E07 * E09 + E06 * E09 + E03 * E09.$$

**c. Compartiment compresseur**

$$G3 = E09 * E16 + E09 * E17 + E09 * E19 + E09 * E21 + E09 * E07 + E02 * E09 + E15 * E18 * E01 + E15 * E18 * E12 + E15 * E18 * E14 + E15 * E18 * E13 + E15 * E18 * E10 + E15 * E18 * E02 + E15 * E18 * E04 + E15 * E18 * E05 + E15 * E18 * E08 + E15 * E18 * E06 + E15 * E18 * E07 + E15 * E18 * E03 + E15 * E18 * E23 + E15 * E18 * E20.$$



**Figure IV.1:** Schéma des compartiments, cas de l'arbre de l'évènement explosion.

**IV.8.2. Cas de l'arbre de l'explosion**

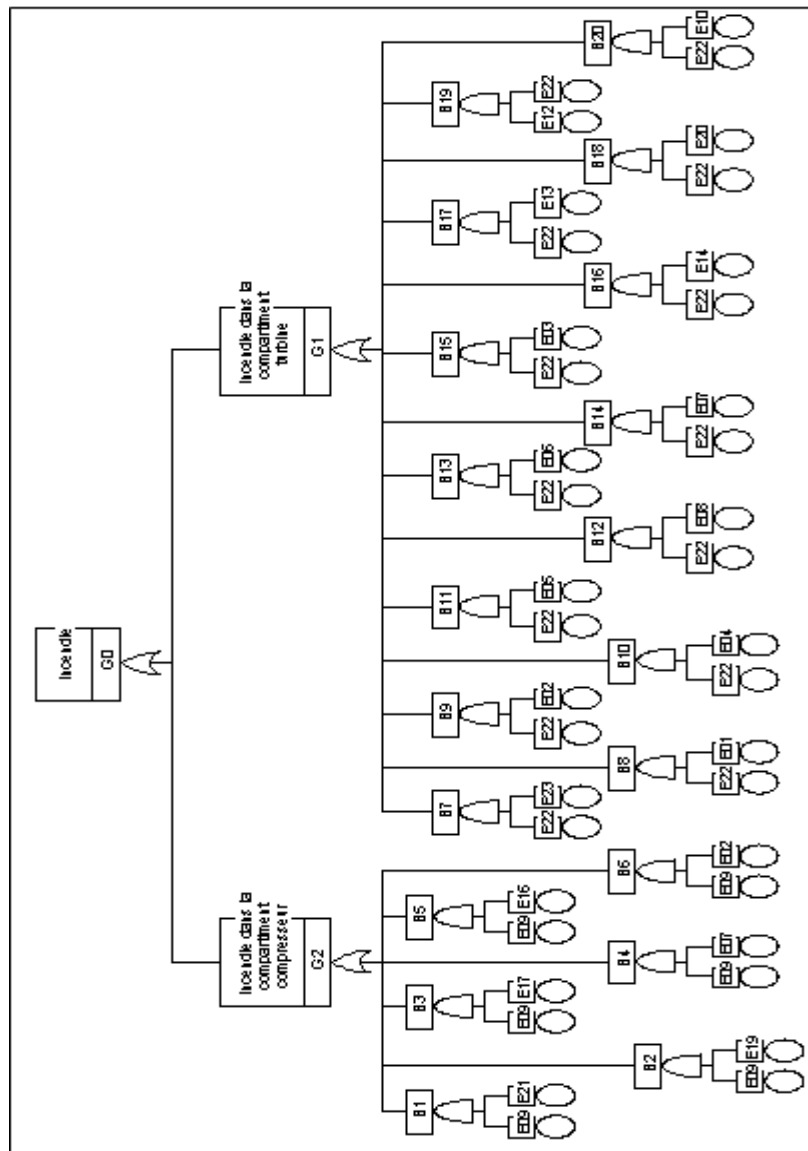
De même pour l'arbre de l'explosion et selon le compartiment, dans ce qui suit, HAZOP indique les coupes minimales et la Figure IV.2 présente le schéma de ces compartiments.

**a. Compartiment turbine**

$$G1 = E22 * E01 + E22 * E14 + E22 * E13 + E22 * E20 + E22 * E05 + E22 * E04 + E22 * E08 + E22 * E07 + E2 * E03 + E22 * E23 + E22 * E02 + E22 * E06 + E12 * E22 + E22 * E10.$$

**b. Compartiment compresseur**

$$G2 = E09 * E16 + E09 * E17 + E09 * E19 + E09 * E21 + E07 * E09 + E02 * E09.$$



**Figure IV.2:** Schéma des compartiments, cas de l'arbre de l'explosion.

## **Conclusion générale**

L'approche développée a pour objectif de faire un inventaire exhaustif de tous les risques présents dans les installations avec pour chacun d'eux la possibilité de vérifier qu'une maîtrise de sécurité est assurée et surtout que les risques majeurs sont ramenés à un risque acceptable .

Les turbocompresseurs utilisés dans les grandes industries sont des éléments stratégiques, qui coûtent chers et sont sujets de multitudes de risques dont l'incendie et l'explosion sont les plus redoutables.

Dans le but de la maîtrise de ces derniers risques, nous avons mené une étude pour l'analyse des risques sur un turbocompresseur au sein de SONATRACH DP région Rhourd-Nouss.

Dans cette étude, Nous avons présenté le déroulement de la méthode HAZOP qu'on a choisi pour l'analyse de risques, et qui nous aide dans la description de notre système et leur déviation, et ce pour traiter les événements majeurs qui sont présentés et qu'une action corrective a été recommandée.

Un groupe pluridisciplinaire (exploitation et maintenance mécanique, instrumentation et électrique) a été impliqué pour l'application de cette méthode d'analyse, qui détermine toutes les déviations possibles du système, et vu la non disponibilité des données des probabilités, ce travail a été limitée par la détermination des chemins critiques (les coupes minimales) sans quantification.

Enfin, on a constaté que la formation et la motivation des opérateurs travaillant sur le système appliqué permettent d'augmenter d'une manière appréciable le niveau de sécurité du système.

## Références bibliographiques

- [1] Ministère fédéral de l'Emploi et du Travail, **2002**, « Analyse des risques », <http://www.meta.fgov.be>
- [2] Merabti Mohammed, **2003**, « L'analyse fonctionnelle à l'analyse de défaillance, une démarche méthodologique ».
- [3] Mamanou Aziz, **2005**, « Etude de la sûreté de fonctionnement d'un procédé industrielle », Ingéniorat d'état.
- [4] Mohamed-Habib Mazouni, **2008**, « De la Modélisation Ontologique du Processus Accidentel au Système Interactif d'Aide à la Décision », Doctorat.
- [5] Yacine Belmazouzi, **2015**, « Contribution à la gestion des risques-machines en industries algérienne », Master.
- [6] Imen Ben Kahla –Touil, **2011**, « Gestion des risques et aide à la décision dans la chaîne logistique hospitalière : cas des blocs opératoires du CHU Sahlou », doctorat.
- [7] gestion du risque qualité, <https://www.afmps.be/>, **2022**.
- [8] Yves Mortureux, « La sûreté de fonctionnement: Démarches pour maîtriser les risques », Techniques de l'Ingénieur.
- [9] Enspm FI: Formation ingénieur SHE SONATRACH aval compléments sur la quantification des conséquences et des risques d'accident ; Partie 2: Analyse
- [10] Belalmi Mounir et Hadad Sami, **2004**, « Etude de Management des Risques dans le domaine des Hydrocarbures ».
- [11] Jiatang Sun, **2007**, « La gestion des risques liés aux situations de co-activité dans la phase de planification des projets ».
- [12] Kiyoshi Kuraoka et Rafael Batres, **2003**, « An Ontological Approach to Represent HAZOP Information», Edition Institute of Technology, Tokyo.
- [13] <http://www.infeig.unige.ch/support/se/lect/gl/meth/node2.html>
- [14] INERIS, **2003**, « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs ( $\Omega$ -6), Eléments Importants pour la Sécurité (EIPS) »
- [15] Atmani boutheyna et Ferhati Soumia Amira, **2018**, « La contribution géologique et sédimentologique pour la détermination d'un milieu poreux ».
- [16] INERIS, **2003**, « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs ( $\Omega$ -7), Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle »
- [17] Jean Claude Couroneau, « Mise en œuvre de la nouvelle approche d'analyse des risques dans les installations classées », Société Fluidyn.

- [18] Beldjilali Wafaa et Kieldoun Afaf, **2013**, « Contribution à l'étude de quelques gisements pétroliers dans le sud-est algérien. ».
- [19] Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), **2003**, « système aquifère du sahara septentrional », Tunis.
- [20] Jérémie Guiochet, **2003**, « Maîtrise de la sécurité des systèmes de la robotique de service, approche UML basée sur une analyse du risque système », Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.
- [21] Guerche A/Aziz et Khelaifa Ammar, **2006**, « Etude de la sûreté de fonctionnement d'un procédé industriel ».

عنوان المذكرة: المساهمة في تحليل المخاطر المتعلقة بنظام الشاحن التوربيني، حالة حقل رورد نوس.

اللقب و الإسم:-شطة عمار – بن صفي الدين محمد

المؤطر:-د. بوداود أسماء – أ.د. جديد مبروك

ملخص: شحن منتجات ( Sonatrach (صناعات البتروكيماويات والغاز) إلى عملائها بشكل دائم وللإستخدام الداخلي ، يحتاج بشكل خاص إلى معدات كبيرة تنتج طاقة كبيرة لنقل كميات كبيرة من المنتج بأمان على مسافات كبيرة ، في ضغوط ومستويات كبيرة ، والشواحن التوربينية هي المعدات المناسبة.

الهدف من هذا المشروع هو دراسة تدابير السلامة المطبقة ، بناءً على تحليل تأثيرات سيناريوهات الحوادث الكبرى من خلال اعتماد طريقة HAZOP. كأولوية ، اقترحنا تدابير الوقاية والحماية والتدخل لضمان سلامة هذه الصناعة في منطقة Rhourde Nousse.

كلمات مفتاحية: HAZOP ، التوربينية ، Sonatrach ، Rhourde Nousse

**Memory title :**

Contribution to the analysis of risks related to the turbocharger system, case of the Champ Rhourde Nousse.

**Name & First name: CHATTA Omar & BENSALFEDINE Mohammed**

**Directed by: Dr BOUDAUD Asma & Prof. Dr. DJEDID Mebrouk**

**Abstract :**

The shipment of Sonatrach products (petrochemical and gas industries) to their customers on a permanent basis and for internal use, particularly needs large equipment that produces significant energy to safely convey large quantities of produced at significant distances, at significant pressures and levels, turbochargers are the appropriate equipment.

The objective of this project is to study the safety measures put in place, based on the analysis of the effects of major accident scenarios by adopting the HAZOP method. As a priority, we have proposed prevention, protection and intervention measures to ensure the safety of this industry in the Rhourde Nousse region.

**Key words:** Sonatrach, Rhourde Nousse, turbochargers, HAZOP

**Titre du mémoire :** Contribution à l'analyse des risques liés au système turbocompresseur, cas du Champ Rhourde Nousse

**Nom & Prénom: CHATTA Omar & BENSALFEDINE Mohammed**

**Encadreurs : Dr BOUDAUD Asma & Prof. Dr. DJEDID Mebrouk**

**Résumé :** L'expédition des produits de Sonatrach (industries pétrochimiques et du gaz) vers leurs clients de façon permanente et pour des fins d'utilisation interne, a besoin en particulier des grands équipements qui produisent une énergie importante pour véhiculer en toute sécurité de grandes quantités de produits à des distances importantes, à des pressions et à des niveaux importants les turbocompresseurs constituent l'équipement convenable.

L'objectif de ce projet est l'étude des mesures de sécurité mise en place, à partir de l'analyse des effets de scénario d'accident majeurs en adoptant la méthode HAZOP. Nous avons proposé en priorité des mesures de prévention, de protection et d'intervention afin d'assurer la sécurité de cette industrie dans la région de Rhourde Nousse.

**Mots clés :** Sonatrach, Rhourde Nousse, turbocompresseurs, HAZOP

*Le résumé doit être rédigé en deux langues différentes au moins*